



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA  
INGENIERIA MECANICA**

**TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR AL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO**

**TITULO**

**Diseño de un entrenador de bomba centrífuga**

**AUTOR:**

**González Obando, Erving Ludwing**

**TUTOR**

**Mario de Jesús García.**

**Managua, 2011**

## INDICE

Contenido	Pág.
Introducción.....	1
Antecedentes.....	2
Justificación.....	3
Objetivos.....	4
Capitulo 1: Generalidades	
1-Reseña Histórica.....	6
1.1-Concepto de Bomba.....	7
1.2-Clasificación de las bombas.....	7
1.3-Bomba centrífuga.....	8
1.4-Funcionamiento.....	8
1.5-Partes de la bomba centrífuga.....	9
1.6-Carga de succión y elevación de succión y algunas condiciones de succión.....	10
Capitulo 2: Diseño Hidráulico	
2-Introducción.....	15
2.1-Selección de elementos de control (válvulas).....	16
2.2-Cálculo de la carga hidráulica.....	18
2.3-Cálculos del circuito #1.....	19
2.4-Cálculo del circuito # 2.....	23
Capitulo 3: Diseño Estructural	
3-Introducción.....	28
3.1-Calculo Estructural .....	29
3.1.1-Material propuesto sometido al análisis.....	29
3.1.2-cálculo de la masa de los 66 galones de agua.....	29

3.2-Calculo de carga de Pandeo.....	31
3.3-Total de angulares.....	31
3.4-Soldadura.....	32
3.4.1-Pasos para la selección de electrodos.....	32
3.4.2- Selección del electrodo.....	33
3.4.3- Tipo de soldadura.....	33
3.4.4- Selección del tipo de soldadura.....	34
3.4.5- Cálculo de cantidad de soldadura.....	35
3.5- Rodillo.....	38
3.5.1-Calculo de rodillo.....	38
3.6- Anclaje de la bomba centrífuga.....	38

#### Capitulo 4: Diseño Eléctrico

4-Introduccion.....	41
4.1- Mando y protección de motores eléctricos.....	42
4.1.1-Selección de los elementos de protección.....	43
4.2- Selección del conductor.....	43
4.3-Centro de Carga.....	45
4.3.1-Selección de centro de carga y conductor de alimentación.....	45
4.4- El interruptor termo magnético y selección.....	45
4.5- Circuito de fuerza y mando.....	46

#### Capitulo 5: Instrumentación

5-Introduccion.....	48
5.1- Medidores de presión.....	49
5.1.1- Manómetros de Tubo Bourdon.....	49
5.1.2-Manómetros con elementos de Fuelles Flexibles.....	52
5.1.3-Manómetros de pistón.....	55
5.1.4-Manómetros de Diafragma.....	55
5.1.5-Vacuometro.....	55
5.2-Medidores de Caudal.....	56

5.2.1-Medidores de presión diferencial.....	56
5.2.2-Medidores de área variable.....	58
5.2.3-Selección del Medidor de caudal y medidor de presión.....	59
5.3-Medidores de velocidad de giro.....	60
5.3.1-selección del equipo.....	61
5.4-Medidores de corriente y voltaje.....	61
5.4.1-selección del equipo.....	62
Capitulo 6: Mantenimiento, costos y Guías de laboratorio	
6-Introduccion.....	64
6.1-Tipos de Mantenimiento.....	65
6.1.1-Mantenimiento Mecánico.....	65
6.1.2-Mantenimiento Hidráulico.....	67
6.1.3-Mantenimiento Estructural.....	67
6.2-Costos de Construcción del banco de Prueba.....	68
6.3-Costos de Operación.....	69
6.3.1- Costos energéticos.....	70
6.3.2-Costo de agua.....	70
6.3.3-Depreciacion.....	71
6.4-Guias de Laboratorios.....	72
Conclusiones.....	75
Recomendaciones.....	76
Bibliografía.....	77
Anexos.....	79

## INTRODUCCION

En el presente trabajo se pretende realizar el diseño hidráulico, eléctrico y mecánico de un Entrenador de Bombas Centrífugas con el propósito fundamental de analizar los fenómenos que ocurren en un sistema de bombeo.

Durante el desarrollo de este documento se presentara cada uno de los pasos para lograr una adecuada instalación y así evitar daños a la bomba como a su motor eléctrico. También se pretende analizar las curvas características que poseen las bombas para así poder elegir la más adecuada para el sistema y así evitar fenómenos como son la cavitación y golpe de ariete.

También se van a crear las guías de laboratorio las cuales van a contemplar la selección, mantenimiento y explotación de los equipos de bombeo, los cuales son los obstáculos que afectan a los estudiantes a la hora de trabajar en el área de Diseño. Además esto ayuda para que los estudiantes pongan en práctica los conocimientos que adquieren en las clases de turbo maquina y mecánica de fluidos y así desarrollarse en el campo laboral.

## **ANTECEDENTES**

La Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) consta de varias facultades entre ellas se encuentra la FTI (Facultad de la tecnología de la industria). Esta facultad está formada por dos carreras: ING.INDUSTRIAL E ING.MECANICA esta última, se desarrolla en el campo de procesos industriales, mantenimiento y explotación de equipos.

Para el desarrollo de esta carrera es fundamental tomar en cuenta las prácticas de laboratorio las cuales le dan al estudiante un mejor enfoque de lo que es la ING.MECANICA. Entre estos laboratorios existe uno conocido como TURBOMAQUINAS que lamentablemente se encuentra inactivo, para ello se pretende activarlo englobando los aspectos como son la instalación hidráulica, eléctrica y evaluación de planes de mantenimiento para mantener su funcionamiento y de esta manera facilitarle a los estudiantes conocimientos prácticos que sean fundamentales para su desarrollo profesional.

### **JUSTIFICACION**

El propósito del diseño del Entrenador de bomba centrifugas es complementar los conocimientos desde el punto de vista práctico en los estudiantes de Ingeniería mecánica , debido a que en las clases de Mecánica de Fluidos y Turbo maquinas solo se estudian los fenómenos desde el punto de vista teórico sin llegar a experimentar los aspectos como son la instalación, mantenimiento y diseño de un sistema hidráulico, se pretende también de esta manera que los estudiantes puedan conocer el funcionamiento real de diferentes dispositivos o instrumentos que conforman un sistema de bombeo como son los tipos de válvulas, manómetros, Caudalímetro etc. El buen uso de este Entrenador de prueba, brindara al estudiante la facilidad de analizar los diagramas que se utilizan en una instalación hidráulica y también proporcionara la comprobación de los parámetros en los que funciona una maquina eléctrica como son corriente, voltaje y Potencia.

# Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

---

## Objetivo general

- Presentar el Diseño de un Entrenador de Instalación, Prueba y Mantenimiento de Bombas Centrífugas.

## Objetivos específicos

- Seleccionar la bomba centrífuga adecuada para el sistema así como sus componentes.
- Presentar el diseño Estructural del Entrenador de Bombas Centrífugas
- Suministrar guía de laboratorio para estudiantes que cursan las asignaturas de mecánica de fluido y turbo maquina.
- Elaborar el plan de mantenimiento para la buena explotación del Entrenador.
- Elaborar presupuesto y costos estimados para la manufactura del banco de prueba.



# **CAPITULO I**

## **GENERALIDADES**

## 1- Reseña histórica

La primera bomba hidráulica conocida fue creada por Arquímedes en el siglo III ADC con el nombre de tornillo de Arquímedes la cual se describe como un Aparato elevador de agua que consiste en un gran cilindro hueco que lleva en su interior una rampa helicoidal apoyada, como la espira de un tornillo, en el eje del cilindro. Éste se coloca oblicuamente y con la extremidad inferior, en donde se halla una abertura, sumergida en el depósito de agua que se quiere elevar. El agua penetra por la abertura en el interior del cilindro y, dando vueltas éste, va resbalando el líquido por la rampa helicoidal para ocupar, en virtud de la gravedad, la parte inferior de cada espira; pero a causa del movimiento de la rampa, el agua va ascendiendo de espira a espira hasta llegar a la parte superior del cilindro, por donde se vierte. Es una máquina ingeniosa, pero de difícil construcción y conservación. Tiene además el inconveniente de necesitar gran espacio para su emplazamiento, lo cual hace imposible o muy difícil su instalación en muchos casos.

## 1.1-Concepto de bomba

Es un dispositivo que se encargan de transferir la energía mecánica que reciben, la cual puede proceder de un motor eléctrico o térmico y se convierte en energía hidráulica la cual impulsa a un líquido desde un estado de baja presión estática a otro de mayor presión.

## 1.2-Clasificación de las bombas

Según el principio de acción, las bombas pueden dividirse en dos grandes grupos principales:

1. Bombas de desplazamiento positivo se dividen en :
  - a. Bombas de movimiento alternativo: están formadas por bomba de embolo, bomba de diafragma y de manguera y bombas neumáticas.
  - b. Bombas de rotor (rotatorias): están formadas por bombas de engranes, bombas de lóbulo la cual puede ser de lóbulo simple o de tres lóbulos, bombas de tornillo que pueden ser de tornillo simple o múltiple, bombas de paletas deslizantes.
2. Bombas Dinámicas se dividen en:
  - a. Bombas de rozamiento: están formadas por las bombas de torbellino y las bombas de chorro.
  - b. Bombas de alabes: están conformadas por las bombas axiles, bombas de flujo mixto y por las bombas Centrífugas.

Para el estudio realizado se va a utilizar una bomba centrífuga ya que son sencillas, poseen un bajo costo inicial, su gasto es uniforme, el pequeño espacio que ocupa, su gasto de conservación bajo, su funcionamiento silencioso y la adaptabilidad para su acoplamiento a un motor eléctrico.

### 1.3-BOMBA CENTRÍFUGA

Es una máquina que consiste de un conjunto de paletas rotatorias encerradas dentro de una caja o cárter, o una cubierta o coraza. Se denominan así porque la cota de presión que crean es ampliamente atribuible a la acción centrífuga. Las paletas imparten energía al fluido por la fuerza de esta misma acción. Así, despojada de todos los refinamientos, una bomba centrífuga tiene dos partes principales: (1) Un elemento giratorio, incluyendo un impulsor y una flecha, y (2) un elemento estacionario, compuesto por una cubierta, estoperas y chumaceras. En la figura 1 se muestra una bomba centrífuga.



Fig. 1

### 1.4-FUNCIONAMIENTO

El flujo entra a la bomba a través del centro u ojo del rodete y el fluido gana energía a medida que las paletas del rodete lo transportan hacia fuera en dirección radial. Esta aceleración produce un apreciable aumento de energía de presión y cinética, lo cual es debido a la forma de caracol de la voluta para generar un incremento gradual en el área de flujo de tal manera que la energía cinética a la salida del rodete se convierte en cabeza de presión a la salida. FIG 2

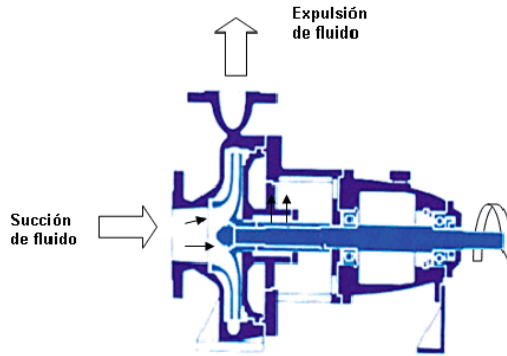


Fig. 2

### 1.5-PARTES DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA:

**Carcasa.** Es la parte exterior protectora de la bomba y cumple la función de convertir la energía de velocidad impartida al líquido por el impulsor en energía de presión. Esto se lleva a cabo mediante reducción de la velocidad por un aumento gradual del área.

**Impulsores.** Es el corazón de la bomba centrífuga. Recibe el líquido y le imparte una velocidad de la cual depende la carga producida por la bomba.

**Anillos de desgaste.** Cumplen la función de ser un elemento fácil y barato de remover en aquellas partes en donde debido a las cerradas holguras entre el impulsor y la carcasa, el desgaste es casi seguro, evitando así la necesidad de cambiar estos elementos y quitar solo los anillos.

**Estoperas, empaques y sellos.** La función de estos elementos es evitar el flujo hacia fuera del líquido bombeado a través del orificio por donde pasa la flecha de la bomba y el flujo de aire hacia el interior de la bomba.

**Flecha.** Es el eje de todos los elementos que giran en la bomba centrífuga, transmitiendo además el movimiento que imparte la flecha del motor.

**Cojinetes.** Sirven de soporte a la flecha de todo el rotor en un alineamiento correcto en relación con las partes estacionarias. Soportan las cargas radiales y axiales existentes en la bomba.

**Bases.** Sirven de soporte a la bomba, sosteniendo el peso de toda ella.

### 1.6-CARGA DE SUCCIÓN Y ELEVACIÓN DE SUCCIÓN Y ALGUNAS CONDICIONES DE SUCCIÓN.

**Elevación Estática de Succión y Carga Estática de Succión (HES):** es cuando la bomba se encuentra arriba del nivel libre de succión Fig 3A y el del centro del ojo del impulsor se conoce como elevación o altura estática de succión; por otro lado si la bomba se encuentra abajo del nivel de succión se le llama carga estática de succión, como muestra la fig.3b

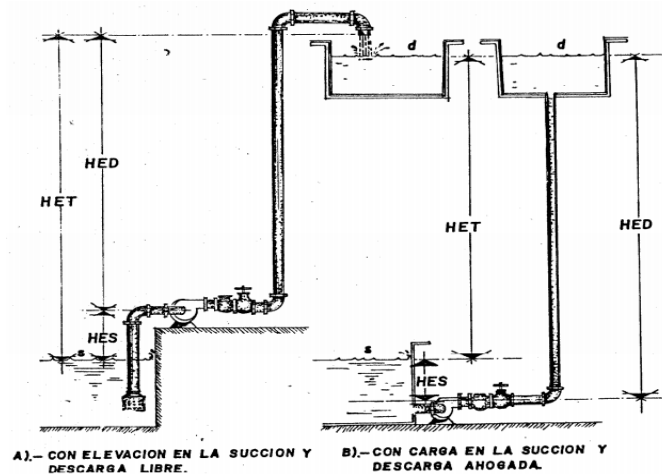


Fig. 3

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

---

**Condiciones de succión.** Por lo que respecta al líquido, se tomará en cuenta la influencia de su presión sobre la succión.

**Presión de vapor.** Si un líquido se encuentra a una temperatura arriba de su punto de ebullición, sufre evaporación en su superficie libre. En el seno del líquido se origina una presión que se llama presión de vapor y que está en función directa con la temperatura del líquido.

**Presión de bombeo.** Destinemos una bomba cualquiera para bombear un líquido. Al funcionar la bomba, tiende a formar un vacío en el seno del líquido. Éste succionar se conoce como presión de bombeo.

**Carga neta de succión positiva (NPSH).** Es la presión disponible o requerida para forzar un gasto determinado, en litros por segundo, a través de la tubería de succión, al ojo del impulsor, cilindro o carcasa de una bomba. En el bombeo de líquidos la presión en cualquier punto en la línea de succión nunca deberá reducirse a la presión de vapor del líquido.

**NPSH disponible.** Esta depende de la carga de succión o elevación, la carga de fricción, y la presión de vapor del líquido manejado a la temperatura de bombeo. Si se varía cualquiera de estos puntos, la NPSH puede alterarse.

**NPSH requerida.** Esta depende sólo del diseño de la bomba y se obtiene del fabricante para cada bomba en particular, según su tipo, modelo, capacidad y velocidad.

**Cebado de las Bombas.** Consiste en la extracción del aire de la tubería de succión de la bomba para permitir un correcto funcionamiento. Esta operación se

---

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

---

realiza en todas las bombas centrífugas ya que no son autocebantes, generalmente cuando ésta se encuentra en una posición superior al tanque de aspiración.

**Carga Hidráulica.** Es la energía impartida al líquido por la bomba, es decir, la diferencia entre la carga de descarga y la succión.

**Punto de Shut-off.** Representa la carga hidráulica que produce la bomba cuando el caudal a través de ella es nulo. (La válvula a la salida de la bomba está cerrada, con el fluido en contacto con el rodete).

**Potencia Absorbida (N).** Representa la potencia requerida por la bomba para transferir líquidos de un punto a otro y la energía requerida para vencer sus pérdidas.

**Potencia Hidráulica (Ph).** Potencia cedida al líquido en el proceso de su transferencia de un punto a otro.

**Rango de Operación.** Es la zona en la cual la bomba opera en forma eficiente. Esta zona se determina de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$Q_1 = 0.90 \times Q_{\max} \quad \text{Ec. 1}$$

$$Q_2 = 0.85 \times Q_0 \quad \text{Ec. 2}$$

Donde

$Q_{\max}$ ; caudal máximo que puede impulsar la bomba

$Q_0$ ; caudal a la máxima eficiencia



El rango de operaciones se delimita entre Q1 y Q2

**Eficiencia Mecánica.** Es la eficiencia relacionada con las pérdidas de energía útil, debidas al rozamiento en el cojinete, prensa-estopas y el rozamiento del fluido en los espacios entre la cubierta del rodete y la carcasa de la máquina, llamado rozamiento del disco y se define para una bomba centrífuga como:

$$\eta_{\text{mec}} = W_{\text{requerida}} / W_{\text{mecanica}} \quad \text{Ec. 3}$$

**Eficiencia Hidráulica.** Se define en términos de la relación entre el trabajo específico ideal de la máquina y el real del rodete, el trabajo específico ideal de la máquina se calcula basado en las condiciones totales o estáticas.

**Eficiencia Total.** Redefine en términos de la relación entre la potencia eléctrica suministrada a la máquina y la potencia hidráulica entregada por ésta.

## **CAPITULO II**

### **DISEÑO HIDRAULICO**

## 2. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se expone los criterios y metodologías sugeridas para determinar los parámetros en el momento de la elección de una bomba centrífuga teniendo en cuenta el tipo de material de la tubería a utilizar, así como a sus accesorios los cuales generan perdidas para el sistema.

Para el diseño de un sistema hidráulico se requiere del conocimiento de cuanto es el caudal y el tipo de líquido que se desea bombear, además de sus niveles tanto de succión como descarga.

Hay que elaborar el sistema hidráulico de la manera más eficiente buscando utilizar mucha tubería ya que eso nos conlleva a mas costos e incluso a un sobre dimensionamiento del equipo.

## 2.1-SELECCIÓN DE ELEMENTOS DE CONTROL (VALVULAS)

Las válvulas tienen como función controlar el flujo de fluidos de acuerdo a los requerimientos que se te deseen.

Algunos de los tipos de válvulas más comunes en los sistemas de bombeo son:

- 1- Válvula de globo: se utilizan en el control de flujo en tubos de diámetro pequeño. es de vueltas múltiples, en la cual el cierre se logra por medio de un disco o tapón que cierra o corta el paso del fluido en un asiento que suele estar paralelo con la circulación en la tubería. Se caracteriza por su gran pérdida. Fig. 4

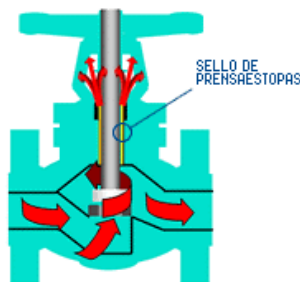


Fig. 4

- 2- Válvula de compuerta: es de vueltas múltiples, en la cual se cierra el orificio con un disco vertical de cara plana que se desliza en ángulos rectos sobre el asiento, si se pretende graduar el gasto su comportamiento no es satisfactorio. Fig. 5

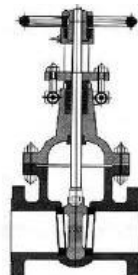


Fig. 5

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

---

- 3- Válvula de mariposa: es de  $\frac{1}{4}$  de vuelta y controla la circulación por medio de un disco circular, con el eje de su orificio en ángulos rectos con el sentido de la circulación. se emplean para servicios de corte y estrangulación para grandes volúmenes de gases y líquidos a presiones relativamente bajas. Fig 6



Fig. 6

- 4- Válvula de bola: son de  $\frac{1}{4}$  de vuelta, en las cuales una bola taladrada gira entre asientos elásticos, lo cual permite la circulación directa en la posición abierta y corta el paso cuando se gira la bola  $90^\circ$  y cierra el conducto, se suele utilizar como válvula de paso en tubos de diámetros pequeños como muestra Fig.7

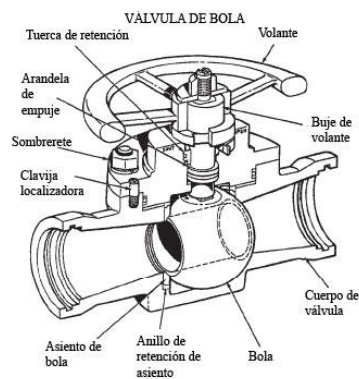


Fig. 7

---

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

---

- 5- válvula de Check: está destinada a impedir una inversión de la circulación. La circulación del líquido en el sentido deseado abre la válvula; al invertirse la circulación, se cierra. Fig. 8

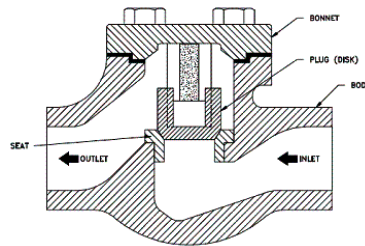


Fig. 8

Para el proyecto se van a utilizar tres de los tipos de válvulas mencionadas anteriormente.

En primer lugar se selecciona la válvula de compuerta ya que va a permitir iniciar o interrumpir el flujo al momento de empezar la práctica ya que se va a ubicar en la succión del sistema.

En segundo lugar se selecciona una válvula de bola para que después de llenado el tanque, ésta se cierre rápidamente y logre ensamblar la otra bomba.

Y por último se utilizará una válvula de Check para evitar cualquier retorno de fluido hacia la bomba y así evitar daños a sí misma.

### 2.2-Cálculo de la carga hidráulica

En el sistema hidráulico se tienen los siguientes datos, los cuales van a ayudar para seleccionar la bomba más adecuada.

Datos del problema

$$Q=10 \text{ Gpm} \approx 0.631 \text{ Lts} \approx 2.27 \text{ m}^3/\text{Hr}$$

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

$\Phi=25\text{ mm}\approx 1\text{ Pulg}$  Este dato fue seleccionado por medio de la tabla elaborada por el fabricante de tuberías de PVC (AMANCO), la cual recomienda el diámetro adecuado que se debe utilizar para cada uno de los caudales deseados, y así evitar pérdidas que pueden causar las turbulencias por no tener el diámetro adecuado.

Como el caudal deseado es de 10 gpm se tiene que interpolar para obtener las pérdidas y velocidad.

Caudal(gpm)	Perdidas(por 100m de longitud)
Y1=9.51	X1=12.65
Y2=10	X2=?
Y3=11.10	X3=16.83

$X_2=13.93\text{ m}$  en pérdidas

Luego se calcula la velocidad

Caudal(gpm)	Velocidad (m/s)
Y1=9.51	X1=1.58
Y2=10	X2=?
Y3=11.10	X3=1.84

$X_2=1.66\text{ m/s}$

### 2.3- Cálculos del circuito #1

Luego se suman las pérdidas por accesorios los cuales AMANCO<sup>1</sup> da los siguientes valores de acuerdo al tipo de accesorio y a su diámetro

Accesorios a utilizar:

1. Válvula de compuerta -----0.20m

---

<sup>1</sup> AMANCO: Fabricante de pvc

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

---

- 2. Válvula de check-----2.70m
- 3. Manómetro-----0
- 4. Caudalímetro-----0
- 5. 5 codos de 90°-----1.20\*5=6m
- 6. Válvula de bola-----11.40m
  
- Total-----20.3 m

Luego se suman las pérdidas por accesorio y la longitud de tubería que son 11.17m que se van a utilizar de acuerdo al diseño.

$$20.3\text{m} + 11.17\text{m} = 31.47\text{m}$$

Con esta longitud de 31.47m se obtiene el valor de las pérdidas por longitud de acuerdo a la propuesta de AMANCO, en la cual se establece una pérdida de  $13.93\text{m} / 100^2 \text{ m}$  de longitud para el diámetro y caudal definido, de esto se obtiene lo siguiente:

$$h_f = 4.38\text{m} \text{ carga total en accesorios y tuberías}$$

El cálculo anterior se hizo en base al caudal máximo que se ha definido. Esto con el fin de determinar el punto de operación del sistema. Para conocer el trazado de la curva del sistema se realiza el cálculo de las pérdidas para otros caudales, partiendo de 2.64 Gpm hasta 15.41 Gpm, de igual modo se va a realizar para el segundo sistema.

Luego se procede a calcular la carga estática:

$$h_{\text{est}} = Z_z - Z_A \quad \text{Ec.4}$$

Donde  $Z_z$ : altura del punto sobre el nivel de referencia

$Z_a$ : altura del punto respecto al nivel de referencia = 0

$$h_{\text{est}} = 5.90 - 0.96 = 4.94\text{m}$$

---

<sup>2</sup> Anexo pág. #69 Catalogo de AMANCO



## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

Y por último se calcula la carga dinámica que es la suma de la carga estática más las pérdidas totales del diseño.

$$H=h_{\text{est}}+h_f$$

$$H_B=4.94+4.38=9.32\text{m}$$

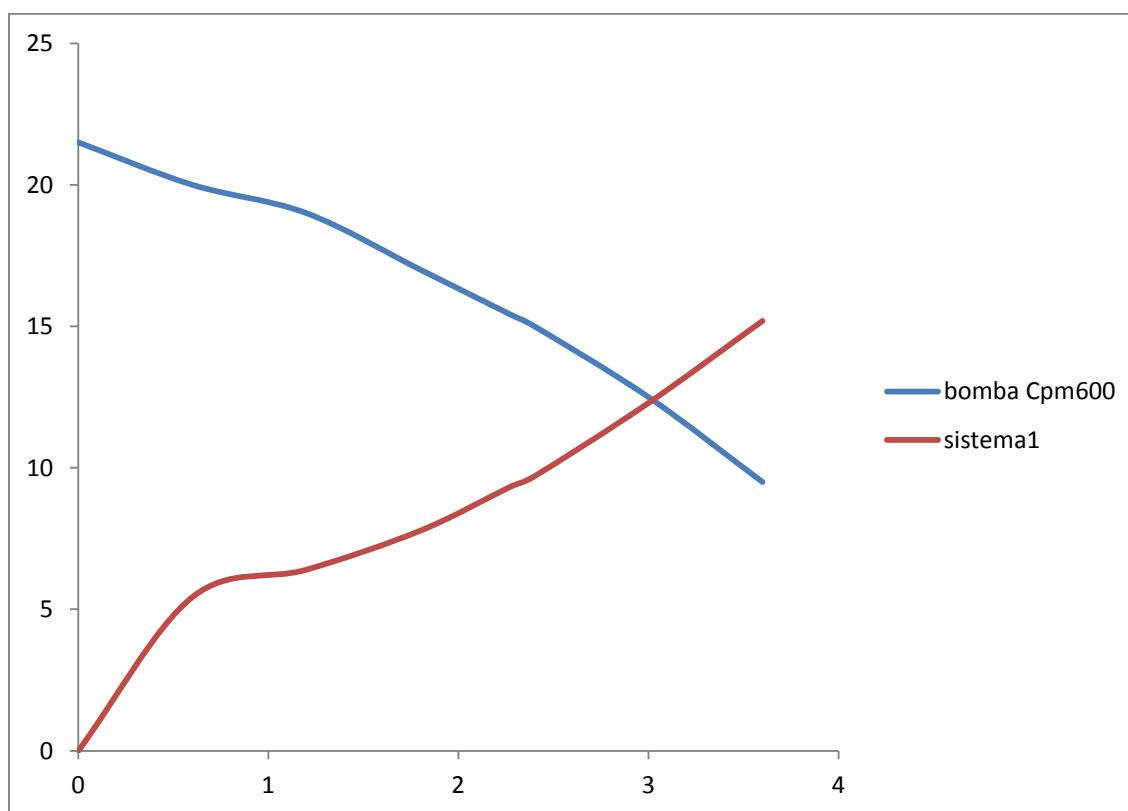


Fig. 9

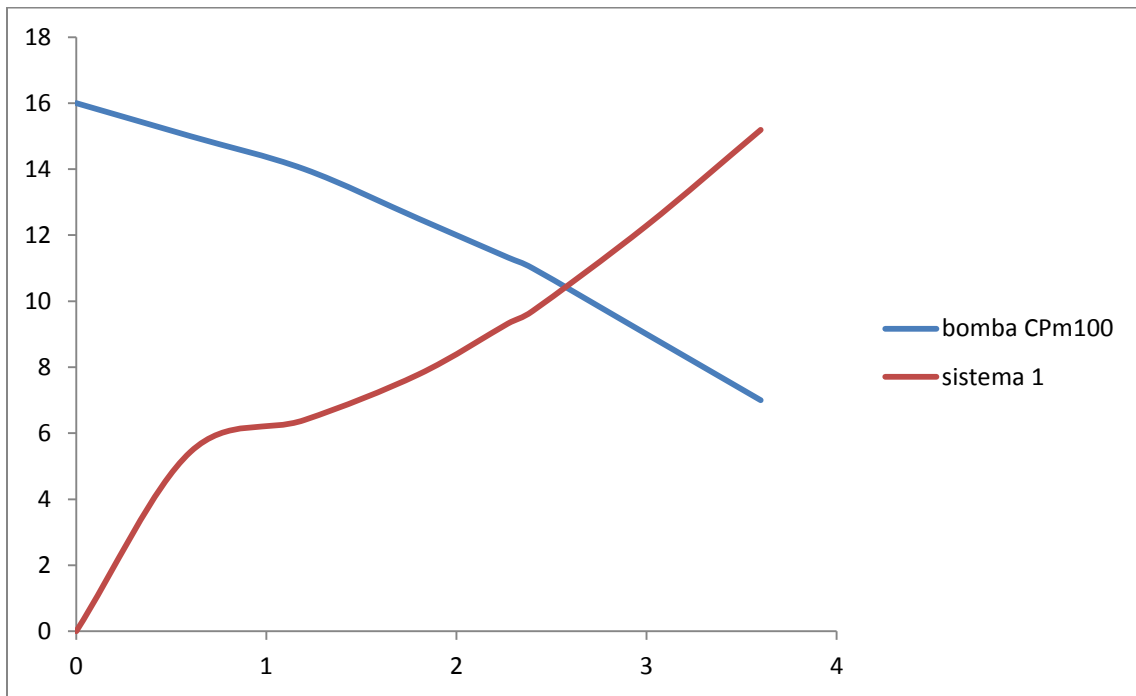
### Punto de operación de la bomba

N=3450 rpm	
Q=13.25 Gpm	H=12.27 m
Q <sub>Diseño</sub> =10 Gpm	H <sub>Diseño</sub> =9.32 m

Sistema 1: corresponde al circuito con menor longitud de tubería.

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

De acuerdo a la gráfica H-Q mostrada en la fig. 9 el punto de Operación de la bomba operando con el caudal de diseño de  $Q_D=10$  Gpm y una carga requerida de  $H_D=9.32$ m, da  $H=12.27$ m y  $Q=13.25$  Gpm, por lo tanto se demuestra que la bomba seleccionada operando a una velocidad de  $n=3450$  rpm cubre las necesidades impuestas del diseño.



**Fig. 10**

### Punto de operación de la bomba

N=3450 rpm	
Q=11.31 Gpm	H=10.54 m
$Q_D=10$ Gpm	$H_D=9.32$ m

De acuerdo a la gráfica H-Q mostrada en la fig. 10 el punto de Operación de la bomba operando con el caudal de diseño de  $Q_D=10$  Gpm y una carga requerida de  $H=9.32$ , da  $H=10.54$ m y  $Q=11.31$  Gpm, por lo tanto se demuestra que la

---

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

---

bomba seleccionada operando a una velocidad de  $n=3450$  rpm cubre las necesidades impuestas del diseño.

### 2.4-Cálculos de circuito #2

Los cálculos de factor de pérdida y velocidad seleccionada será la misma ya que el material es el mismo.

Pérdidas por accesorios:

1. Válvula de compuerta -----0.20m
2. Válvula de check-----2.70m
3. Manómetro-----0
4. Caudalímetro-----0
5. 5 codos de  $90^\circ$ ----- $1.20 \times 5 = 6\text{m}$
6. Válvula de bola-----11.40m
7. 4 codos de radio largo  $90^\circ$ ----- $0.5 \times 4 = 2\text{m}$
- Total-----22.3m

Luego se suman las pérdidas por accesorio y la longitud de tubería que son 21.54m que se van a utilizar de acuerdo al diseño.

$$21.54\text{m} + 22.3\text{m} = 43.84\text{m}$$

Con esta longitud de 43.84m se obtiene el valor de las pérdidas por longitud de acuerdo a la propuesta de AMANCO, en la cual se establece una pérdida de  $13.93\text{m} / 100^3 \text{ m}$  de longitud para el diámetro y caudal definido, de esto se obtiene lo siguiente:

$H_f = 6.10\text{m}$  carga total en accesorios y tuberías

---

<sup>3</sup> Anexo pág. #69 Catalogo de AMANCO

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

---

El valor de carga estática es la misma del circuito anterior ya que lo que varía es la longitud y no el nivel de los depósitos en cuestión.

Y por último se calcula la carga dinámica que es la suma de la carga estática más las pérdidas totales del diseño.

$$H_B = 4.94m + 6.10m = 11.04m$$

Con estos dos valores de carga dinámica que dio por resultado tanto en el circuito 1 y 2 se seleccionan dos bombas de distintas rpm que logren bombear el caudal propuesto, la selección se hace tomando en cuenta la curva de la bomba que es la relación H-Q

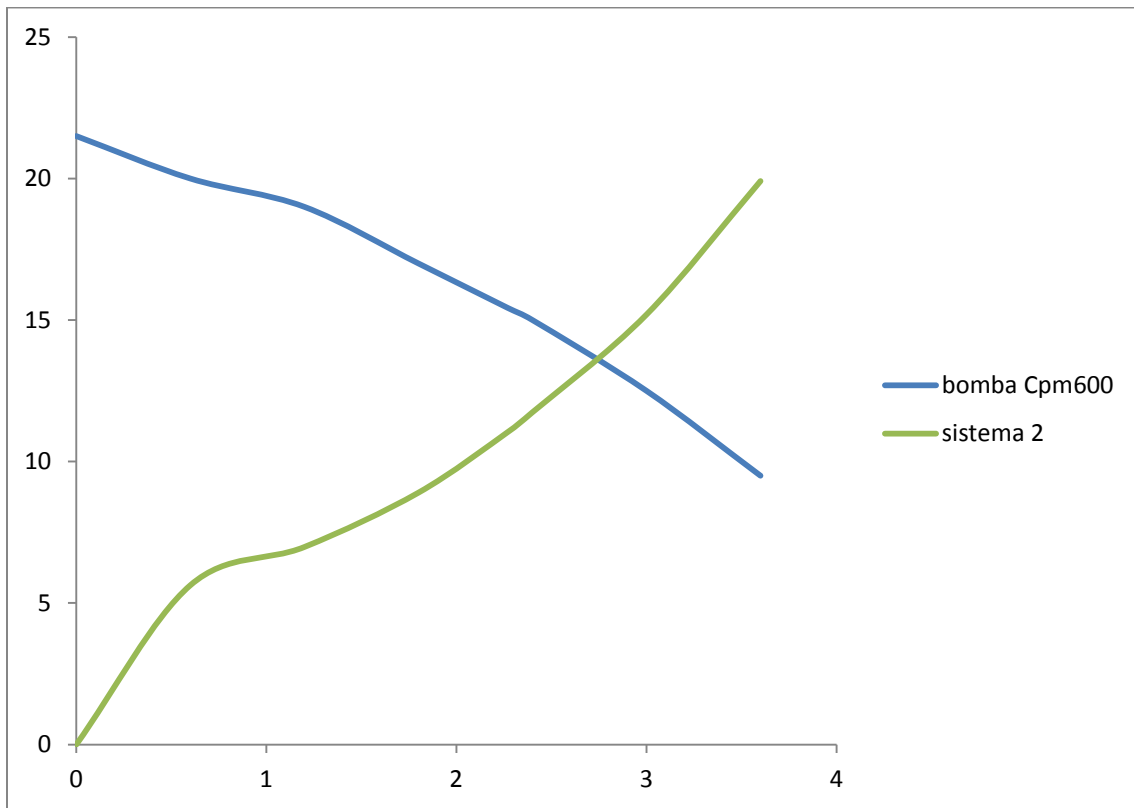


Fig.11

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

Sistema 2: corresponde al circuito con mayor longitud de tubería.

N=2900 rpm	
Q=11.97 Gpm	H=13.53 m
Q <sub>D</sub> =10 Gpm	H <sub>D</sub> =11.04 m

De acuerdo a la gráfica H-Q mostrada en la fig. 11 el punto de Operación de la bomba operando con el caudal de diseño de Q<sub>D</sub>=10 Gpm y una carga requerida de H=11.04m, da H=13.53m y Q=11.97 Gpm, por lo tanto se demuestra que la bomba seleccionada operando a una velocidad de n=2900 rpm cubre las necesidades impuestas del diseño.

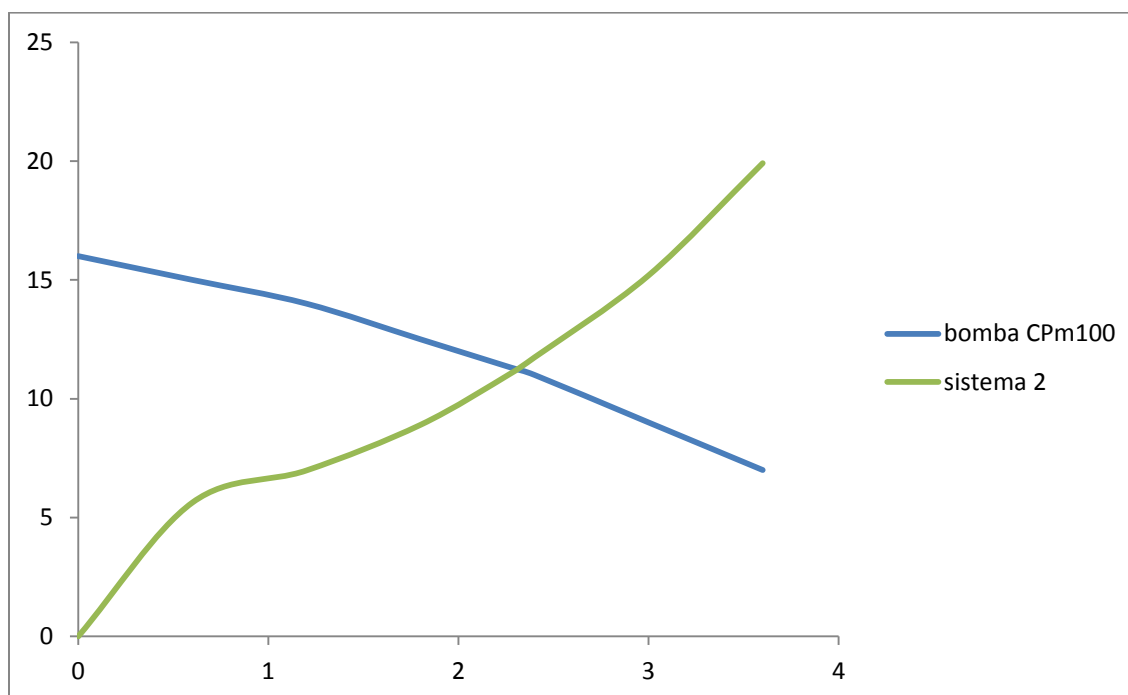


Fig. 12

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

---

### Punto de operación de las bombas

N=2900 rpm	
Q=10.12 Gpm	H=11.45 m
Q <sub>D</sub> =10 Gpm	H <sub>D</sub> =11.04 m

De acuerdo a la gráfica H-Q mostrada en la fig. 12 el punto de Operación de la bomba operando con el caudal de diseño de Q<sub>D</sub>=10 Gpm y una carga requerida de H=11.04m, da H=11.45m y Q=10.12 Gpm, por lo tanto se demuestra que la bomba seleccionada operando a una velocidad de n=2900 rpm cubre las necesidades impuestas del diseño.

Nota: ver en anexo 11 cálculos utilizando la formula de Darcy- **Weisbach**

## **CAPITULO III**

### **DISEÑO ESTRUCTURAL**

### 3- INTRODUCCIÓN

En este capítulo se hace el análisis de la carga que va a soportar la torre y a su vez se va a realizar la adecuada elección del material.

La resistencia del material es un parámetro que no se puede dejar fuera ya que este ayuda a conocer si la estructura es lo suficientemente resistente para soportar la carga que se va a utilizar.

Otro parámetro a trabajar en este capítulo es la selección adecuada del electrodo con el cual se van a unir los angulares, ya que si no se elige el electrodo correcto, esto causara que la estructura no logre soportar la carga con la que se va a trabajar, además se tiene que tener en cuenta las posiciones que se soldara ya sea plana, horizontal o vertical porque no todos los electrodos permiten soldar las posiciones mencionadas, también se realizara el cálculo de la cantidad de electrodos que se van a necesitar para armar la armadura.

También se tiene que hablar de la elección del rodillo el cual tiene que soportar el peso del tanque lleno y el peso de la estructura sin que esta sufra algún daño, y por último se tiene que elegir el dispositivo que va a servir para el anclaje de la bomba y que también va ayudar con su alineamiento de acuerdo a las tuberías de succión como de descarga.



### 3.1-Cálculo estructural

Para el diseño estructural se selecciona un material propuesto el cual se utiliza para la elaboración de la torre, el cual tiene que tener propiedades que ayuden a soportar el peso de un tanque con una capacidad de 66 galones.

#### 3.1.1-Material propuesto sometido al análisis.

Acero estructural A36

Angular de L51xL51x3.2 (2"x2"x1/8") el cual posee las siguientes propiedades:

Area:  $316\text{mm}^2 = 0.000316\text{m}^2$

$$I^4 = 0.0806 \times 10^6 \text{mm}^4 = 80.6 \times 10^{-9} \text{m}^4$$

Masa:  $2.4\text{kg/m}$

Modulo de elasticidad:  $200\text{Gpa}$

Tensión:  $400\text{Mpa}$

#### 3.1.2-Calculo de la masa de los 66 Galones de agua.

Densidad del agua  $1000 \text{KG/m}^3$

Capacidad del tanque 66 Galones  $= 0.25\text{m}^3$

$$\forall = \frac{m}{d}$$

$$M = \forall \times d$$

$$M = 0.25\text{m}^3 \times 1000\text{kg/m}^3 = 250\text{kg}$$

La masa del tanque es de  $8\text{kg}$  aproximadamente de acuerdo a la tabla de rotoplas<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> En anexo 14 se lee los datos para este acero

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

---

Entonces:

$$M_{\text{total}} = \text{masa de agua} + \text{masa del tanque}$$

$$M_{\text{total}} = 250\text{kg} + 8\text{kg} = 258\text{kg}$$

$$W_{\text{total}} = \text{masa} \times \text{gravedad}$$

$$W_{\text{total}} = 2528.4\text{N}$$

El diseño de la estructura se realizara de la siguiente manera Fig.13

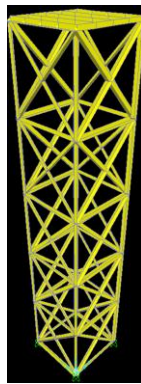


Fig.13

El angular estará sometido a la siguiente fuerza como se muestra en el dibujo Fig.14

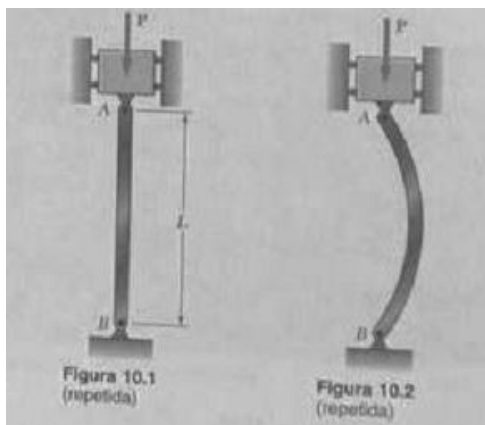


Fig .14

---

<sup>5</sup> Fabricante de tanques de agua

$$\sigma = F/A$$

$$\sigma = \frac{2528.4N}{0.00316m^2} = 8,001,265.82N/m^2 \approx 8Mpa$$

### 3.2-Calculo de la carga de pandeo

$$P_c = \pi^2 EI/L^2$$

$$P_c = (\pi^2 (200 \times 10^9 Pa) (0.0806 \times 10^{-6} m^4)) / (5.3m)^2 = 5663.86 N$$

$$W_{critico} = \frac{5663.86N}{9.8m/s^2} = 577.94kg$$

De acuerdo a los resultados anteriores se selecciona el material propuesto que es un Angular de L51xL51x3.2 (2"x2"x1/8") de acero estructural A36.

### 3.3- Total de angulares

5.30 mts x 4 pilares = 21.2 mts.

4mts x 4 cajas = 16 mts

2.23 x 24 diagonales = 53.52 mts

3mts de la base que soporta el tanque

0.3mts x 5 soporte de la bomba = 1.5 mts

Total de longitud

$$21.2 + 16 + 53.52 + 3 + 1.5 = 95.22 mts$$

En el mercado la longitud de los angulares es de 6 mts entonces la cantidad de angulares es

$$95.22 mts / 6 mts = 15.87 mts \approx 16 angulares$$

### **3.4- Soldadura**

Es el proceso en el que se unen partes metálicas mediante el calentamiento de sus superficies a un estado plástico permitiendo que las partes fluyan y se unan con o sin la adición de otro metal fundido.

#### **3.4.1-Pasos para selección de electrodos**

Para escoger el electrodo adecuado es necesario analizar las condiciones de trabajo en particular y luego determinar el diámetro de electrodo más adecuado que más se adapte a estas condiciones.

Este análisis es relativamente simple si se habitúa a considerar los siguientes factores:

1. Naturaleza del metal base
2. Dimensiones de la sección a soldar
3. Tipo de corriente que entrega la maquina soldadora
4. En qué posición o posiciones se soldara
5. Tipo de unión y facilidad de fijación de la pieza
6. Si el depósito debe poseer alguna característica especial, como son: resistencia a la corrosión, gran resistencia a la tracción, ductilidad, etc.
7. Si la soldadura debe cumplir condiciones de alguna norma o especificaciones especiales.

### 3.4.2- Selección del electrodo

Siguiendo los pasos anteriores se puede elegir el tipo de electrodo que es compatible con el angular A36 el cual posee las siguientes propiedades químicas.

#### ASTM-A 36

Grado de Acero	Composición Química (% en peso)										
	C Máx.	Mn	P Máx.	S Máx.	Si Máx.	Cu	Cb	V	Ni	Cr	N2
ASTM A-36	0.25	0.80 - 1.20	0.040	0.050	0.40	---	---	---	---	---	---

Fig. 15

De acuerdo a esta composición los electrodos que son compatibles o que poseen los mismos componentes químicos con el acero A36 son E6010, E 6011, E 6013, E 7018, E 7024. Además se tiene que elegir el electrodo más adecuado para trabajar en todas las posiciones que se puedan presentar y esos electrodos son los E6010, E 6011, E 6013, E 7018 excepto el E7024 solo permite soldar en posición plana y horizontal.

### 3.4.3-Tipo de soldadura.

Los tipos de soldaduras principales son:

- Las soldaduras de filete.
- Las soldaduras de ranura

La soldadura de filete: Las soldaduras de filete han demostrado ser más débiles que las soldaduras de ranura; sin embargo, la mayoría de las conexiones estructurales se realizan con soldaduras de filete. La soldadura de ranura se utiliza cuando los miembros que se van a conectar están alineados en el mismo plano. Usarlas en cualquier situación implicaría un ensamble perfecto de los miembros a conectar, cosa que lamentablemente no sucede en la estructura

común y corriente. Cuando se pueden traslapar los miembros de acero, se permiten tolerancias mayores en el montaje, siendo las soldaduras de filete las que se utilizan.

La soldadura de filete (fig. 16) es más resistente a los esfuerzos de tensión y compresión que al corte. Las soldaduras de filete transversales son más fuertes por dos razones. Ellas quedan sometidas a esfuerzos mas uniformes sobre toda su longitud, mientras que las soldaduras de filete longitudinales quedan sometidas a esfuerzos no uniformes debido a deformaciones que varían a lo largo de su longitud.

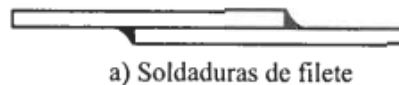


Fig. 16

Soldadura de ranura (fig. 17): este tipo de soldadura desde el punto de vista de la solidez, de la resistencia al impacto y a esfuerzos repetitivos , y de la cantidad de metal de aporte requerido ,se prefieren las soldaduras de ranuras a las de filete aunque desde otros puntos de vista no son tan atractivas.

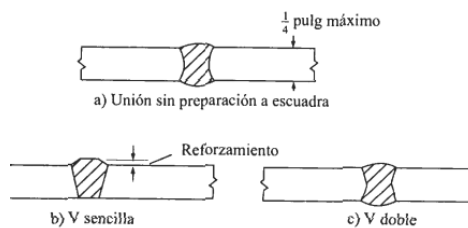


Fig.17

### 3.4.4 -Selección del tipo de soldadura

Para el proyecto se elige la soldadura a filete ya que las piezas que se van a unir no están en un mismo plano es decir alineadas además se toma en cuenta la de filete por que la soldadura de filete soporta compresión y tensión.

### 3.4.5- Cálculo de cantidad de soldadura.

Se calcula el volumen de soldadura que tiene que tener cada cordón (Fig. 18)

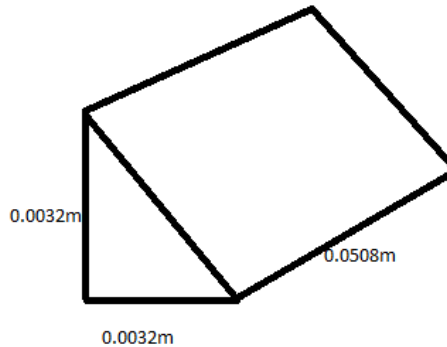


Fig.18

$$V=A \times L \text{ donde } A=\frac{1}{2}bh$$

$$V=\frac{1}{2}(0.0032m)(0.0032m)(0.0508m)$$

$$V=2.60 \times 10^{-07} m^3$$

En cada nodo se realizan 8 cordones y la estructura está formada de 18 nodos

$$2.60 \times 10^{-07} m^3 \times 8 \text{ cordones} \times 18 \text{ nodos} = 3.74 \times 10^{-05} m^3$$

En la base que soporta el tanque se va a soldar 3 angulares los cuales van a tener 8 cordones en cada extremo donde

$$8 \times 2.60 \times 10^{-07} m^3 \times 2 \text{ extremos} \times 3 \text{ angulares} = 1.24 \times 10^{-05} m^3$$

En las cerchas se realizan 28 cordones y la estructura cuenta con 12 cerchas

$$28 \times 2.60 \times 10^{-07} m^3 \times 12 = 8.73 \times 10^{-05} m^3$$

Soldadura de la baranda

$$V=A \times L \text{ donde } L \text{ es } 0.0127m \text{ diámetro del tubo a utilizar}$$

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

---

$$V=5.12 \times 10^{-6} \text{m}^2 \times 0.0127 \text{m} = 6.50 \times 10^{-8} \text{m}^3$$

Soldadura en la base de los rodos.

Como en la base en donde va a caer la mayor carga la soldadura tiene que ser de refuerzo es decir que hay que pasar más cantidad de cordones de soldadura la cual. La cantidad de cordones son 12

$$V=2.60 \times 10^{-6} \text{m}^3 \times 12 \text{ cordones} \times 4 \text{ rodos}$$

$$V=1.248 \times 10^{-5} \text{m}^3$$

Soldadura en los rodos de la bomba

En este caso como la bomba no es de gran peso solo se van a realizar 4 cordones.

$$V=2.60 \times 10^{-7} \text{m}^3 \times 4 \text{ cordones} \times 2 \text{ rodos}$$

$$V=2.08 \times 10^{-6} \text{m}^3$$

El volumen total de la soldadura es

$$3.74 \times 10^{-5} \text{m}^3 + 1.24 \times 10^{-5} \text{m}^3 + 8.73 \times 10^{-5} \text{m}^3 + 6.50 \times 10^{-8} \text{m}^3 + 1.248 \times 10^{-5} \text{m}^3 + 2.08 \times 10^{-6} \text{m}^3 = 1.518 \times 10^{-5} \text{m}^3$$

Masa requerida

$$M_r = V \times \rho \text{ donde } \rho = 7860 \text{kg/m}^3$$

$$M_r = 1.518 \times 10^{-4} \text{m}^3 \times 7860 \text{kg/m}^3$$

$$M_r = 1.193 \text{ kg}$$

El electrodo a utilizar es de 1/8 de pulgada

Se calcula el volumen del electrodo



## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

---

$$V=A \times L \text{ donde } A=\frac{\pi\phi^2}{4} \text{ y } L=0.35\text{m}$$

$$V=\frac{\pi\phi^2}{4} \times L$$

$$V=\frac{\pi(0.0032\text{m})^2}{4} \times 0.35\text{m}$$

$$V=2.81 \times 10^{-06}\text{m}^3$$

Donde se utiliza la eficiencia del electrodo del 85%

$$2.81 \times 10^{-06}\text{m}^3 \times 0.85\%=2.38 \times 10^{-05}\text{m}^3$$

Masa del electrodo

$$Me= V \times \rho \text{ donde } \rho=7850\text{kg/m}^3$$

$$Me= 2.38 \times 10^{-05}\text{m}^3 \times 7850\text{kg/m}^3$$

$$Me= 0.018\text{kg}$$

Total de electrodos

$$Q= \frac{Mr}{Me}$$

$$Q= \frac{1.193\text{kg}}{0.018\text{kg}}$$

$$Q=66.2 \approx 67 \text{ electrodos}$$

Aplicando un factor de seguridad de 15%

$$67 \times 0.15\%=10 \text{ electrodos}$$

$$67+10= 77 \text{ electrodos}$$

### 3.5- Rodillo

Son dispositivos rodantes que permiten mover elementos de gran peso de un lado a otro pero además estos dispositivos cuentan con frenos para que queden fijos.

#### 3.5.1-Cálculo de rodillo

Para el cálculo de las ruedas se tiene que tomar en cuenta el peso de la estructura como el peso del tanque lleno.

Masa del tanque lleno + Masa de la estructura

$$258\text{kg} + 226.36\text{kg} = 484.36\text{kg}$$

Ese peso de 484.36 kg se divide ya que son 4 esquinas es decir que cada rodillo soportara 121kg

La placa metálica reposara la estructura es de acero A36 con un espesor de 6mm.

Los pernos que va a unir el rodillo con la placa son de diámetro 9 mm y con una dureza de grado 8<sup>6</sup> el cual es un acero al carbono, templado y revenido.

### 3.6- Anclaje de la bomba centrífuga.

El anclaje de la bomba (fig. 19) se va hacer por medio de un dispositivo que va ayudar al alineamiento con la tubería de succión y descarga el cual permite que la bomba se pueda mover de izquierda a derecha manualmente y de adelante hacia atrás por medio de un tornillo que esta soldado con una palanca, también va a servir a la fijación de la bomba.

---

<sup>6</sup> Se refiere a la resistencia del material, véase en anexo 18 los grados de dureza



Fig.19

## CAPITULO IV

### DISEÑO ELECTRICO

### 4- INTRODUCCION

En este capítulo se pretende hablar de los componentes que forman un diseño de instalaciones eléctricas ya que es una de las tareas más importantes es la selección de los alimentadores o conductores eléctricos, es decir la especificaciones de los conductores que suministran energía eléctrica a una carga. De la precisión de estos cálculos depende, en buena medida, la seguridad y el buen funcionamiento de la instalación, así como el costo de la inversión inicial y de los gastos de operación y mantenimiento.

La intención es encontrar los calibres AWG o MCM que cumplan con los requisitos necesarios de un sistema confiable y económico evitando conductores con secciones sobradas, que se traducen en gastos innecesarios.

Otro de los aspectos que abarcan el diseño de instalaciones eléctricas son los componentes de comando y protección que son utilizados en los motores eléctricos. Los cuales ayudan al rápido manejo y evitan daños en los motores por sobre cargas de corriente.

Otro parámetro es el panel de alimentación que es el encargado de suministrar la energía eléctrica al motor y a la vez es un sistema de protección.

### 4.1- Mando y protección de motores eléctricos

El control de motores en su sentido más amplio comprende todos los métodos usados para controlar el comportamiento de todo un sistemas de funcionamiento eléctrico de una maquina o maquinaria, el control de motores eléctricos se ha asociado tradicionalmente con el estudio de los dispositivos electrotécnicos que intervienen para cumplir con la funciones de arranque, cambio de giro, aceleración, desaceleración, frenado de un motor etc.

Los componentes que pueden formar el control y protección de un motor son los siguientes:

- 1- Contactores: cumple con la función de comando o conmutación, además es un dispositivo mecánico de conexión controlado por un electroimán con una operación tipo on/off. Las ventajas que ofrecen estos dispositivos son: posibilidad de abrir o cerrar grandes cantidades a través de un dispositivo de baja corriente, adecuados para servicio intermitente y continuo, posibilidad de implementación de comandos remotos y/o continuos, son resistentes y confiables puestos que no contienen elementos internos delicados.
- 2- Relés térmicos: Estos relés cumplen con la función de protección térmica del motor contra sobrecargas y van asociados a un contactor que es el que realiza la apertura del circuito de potencia. Puesto que protegen solamente contra sobrecargas, los relés térmicos deben Complementarse con una protección contra cortocircuitos.
- 3- Guarda motores magnéticos: Los guarda motores magnéticos cumplen la función de protección contra cortocircuitos, cumpliendo adicionalmente la función de seccionamiento. Los requisitos para que cumplan con la función de protección contra cortocircuito son básicamente una pronta detección de la corriente de defecto y una rápida apertura de los

contactos. Esto conduce a que los guarda motores magnéticos sean aparatos limitadores.

- 4- Fusibles: El fusible, utilizado como elemento componente de una salida al motor, solo debe actuar frente a cortocircuitos. Es decir, las sobrecargas no deben producir la operación del fusible, por lo cual debe emplearse el fusible de respaldo, llamado para baja tensión tipo aM. La curva característica del fusible aM lo hace insensible a las sobrecargas, siendo diseñado el elemento fusible de este tipo de fusibles más resistente a la fatiga mecánica debida a los esfuerzos de contracción y dilatación térmica causadas por las sobre corrientes de los sucesivos arranques.

### **4.1.1- Selección de los elementos de protección**

Para la protección del motor se va a utilizar un interruptor automático modelo 3RV1011-1EA, clase 10, tamaño S00 el cual soporta un máximo de 4A.(ver anexo 23)

Para el encendido y apagado se va a seleccionar la caja de pulsadores modelo 3SB38 02-0DB (ver anexo 24)

### **4.2-Selección del conductor**

La adecuada selección del conductor es importante porque ayuda a proteger los motores eléctricos y evitar altas caídas de tensión e incluso a evitar recalentamientos, los cuales pueden llevar a gastos innecesarios ya que pueden causar incendios etc.

La caída de voltaje máxima permitida por la CIEN (código instalación eléctrica de Nicaragua) es de 3% para el circuito alimentador o principal y 3% para el circuito derivado, sin que los dos circuitos juntos sobrepasen el 5%.

---

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

---

Para la selección de un conductor se debe tener en cuenta las consideraciones eléctricas, térmicas, mecánicas y químicas. Las principales características de cada una de ellas se pueden resumir de la siguiente forma:

- Consideraciones eléctricas: tamaño (capacidad de corriente), tipo y espesor de la aislación, nivel de tensión (baja, media o alta), capacidad Dieléctrica, Resistencia de aislación, factor de potencia.
- Consideraciones térmicas: compatibilidad con el ambiente, dilatación de la Aislación, resistencia térmica.
- Consideraciones mecánicas: flexibilidad, tipo de chaqueta exterior, armado, Resistencia impacto, abrasión, contaminación.
- Consideraciones químicas: aceites, llamas, ozono, luz solar, ácidos.

La selección del calibre o tamaño del conductor requerido para una aplicación, se determina mediante:

1-Corriente requerida por la carga

2-Caída de tensión admisible

3-Corrientes de cortocircuito

De acuerdo a los datos siguientes se puede seleccionar el tipo de conductor a utilizar:

$$P=370W$$

Voltaje de alimentación de =110v, se elige 110 v porque es para laboratorios y es muy peligroso trabajar con voltajes altos cuando se tratan de estudiantes.

La corriente se calcula con la siguiente ecuación:

$$P=VI$$

$$I = \frac{P}{V}$$
$$I = \frac{370Watts}{110V}$$
$$I = 3.36 Ampers$$

Con este dato se va a las tablas de los conductores la cual muestra la capacidad de corriente que soportan.



---

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

---

En este caso se elige el calibre 12AWG el cual soporta 20 Amperes. (Ver anexo 27) ya que la norma Cien establece que el calibre 14 AWG es solo para luminarias.

### **4.3-Centro de carga**

El centro de carga es un tablero metálico que contiene una cantidad determinada de interruptores magnéticos, que generalmente funcionan para la protección y desconexión de pequeñas cargas eléctricas

#### **4.3.1- Selección de centro de carga y conductor de alimentación.**

Para el proyecto se elige el centro de carga de acuerdo a la alimentación y a la cantidad de corriente que este puede soportar teniendo en cuenta la corriente que el equipo necesita como es el caso de la bomba monofásica.

El modelo de centro de carga es el CH2L40SP (ver anexo 21)

Para la elección del conductor que va alimentar el centro de carga se tiene que tomar en cuenta el voltaje a trabajar como el aparato que se le va a suministrar la corriente eléctrica. En este caso se va trabajar con 110 v y con un cable número AWG 12 ya que el motor de la bomba consume 3.36 amperes, así que se elige el cable PRYSMIAN H05VV-F el cual soporta 300/500 V y además son utilizados en esfuerzos mecánicos medios como son lavadoras, motores, refrigeradores etc. La designación del cable es 3x4 (ver anexo 25-26)

### **4.4-El interruptor termo magnético y selección.**

Es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando esta sobrepasa ciertos valores máximos.

El interruptor a utilizar es el modelo BR 115 ya que este soporta 15 amperes de su corriente nominal y además es compatible con el cable de alimentación numero AWG 12 y otro motivo de la selección es porque el más común en el mercado nicaragüense. (Ver anexo 22)

### 4.5-Circuito de fuerza y mando

El circuito de fuerza o de potencia (Fig.20) es el que está formado por los elementos mediante los cuales la corriente que alimenta al o los actuadores (por lo general motores). Este circuito está compuesto por los elementos fusibles, Contactores auxiliares del contactor, relé bimetalico y guarda motor.

El circuito de mando es el que está formado por los elementos mediante los cuales pasa la corriente que gobierna a las bobinas, elementos de señalización etc. Este diagrama no interesa la ubicación de los elementos (pulsadores, interruptores, sensores, contactos NO y NC etc. sino solo la incidencia que tenga dicho elemento en el circuito. Este circuito es conocido como de baja tensión ya que puede trabajar con 24 VCD a 110,220 VCA.

Los circuitos de potencia y mando a utilizar son los siguientes

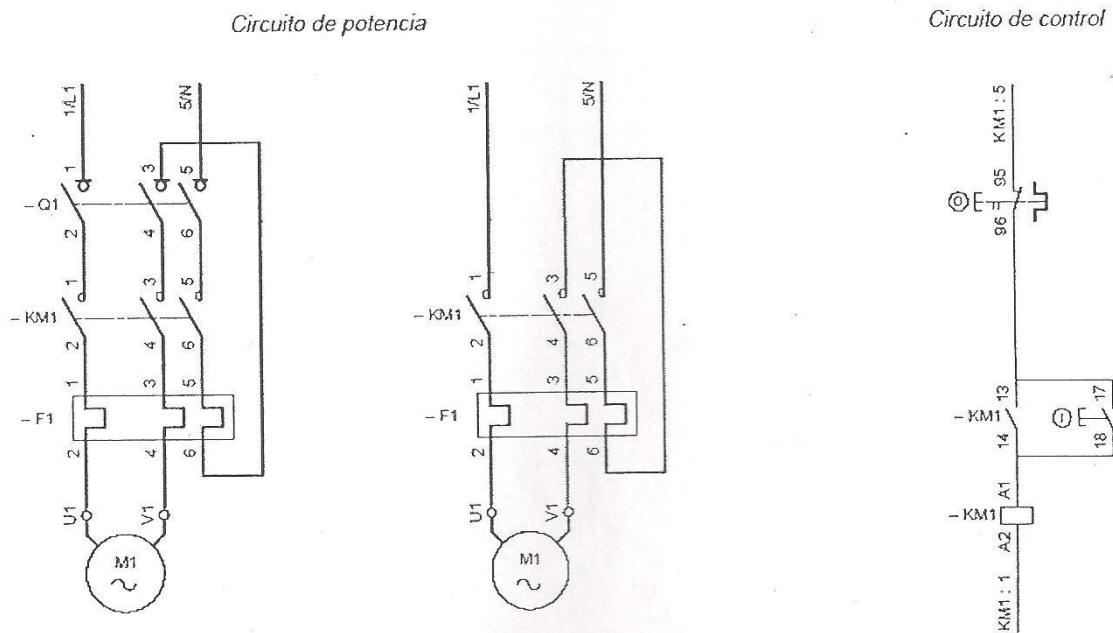


Fig.20

## CAPITULO V

### INSTRUMENTACION

## 5- Introducción

Los procesos industriales exigen el control de la fabricación de los diversos productos obtenidos. Los procesos son muy variados y abarcan muchos tipos de productos como por ejemplo productos alimenticios, las centrales generadoras de energía, sistemas de bombeo, industria textil etc.

En todos estos procesos es absolutamente necesario controlar y mantener constante las magnitudes, tales como la presión, caudal, el nivel, la velocidad, potencia, corriente, voltaje etc.

Los instrumentos de medición y control permite el mantenimiento y la regulación de estas constantes en condiciones más idóneas que en las que el propio operador podría realizar. Estos instrumentos han ido liberando al operador de su función de actuación directa en la planta y al mismo tiempo, le ha permitido una labor única de supervisión y vigilancia desde los centros de control.

Los procesos industriales a controlar pueden dividirse ampliamente en dos categorías: procesos continuos y procesos discontinuos. En ambos tipos, deben mantenerse en general las variables (presión. caudal nivel etc.)

En el ensayo de la bomba se harán la medición de caudal, frecuencia de rotación, presión, eficiencia, voltaje, corriente, de acuerdo al tipo de sistema que se desee.

El caudal de las bombas se mide con ayuda de instrumentos en la tubería de descarga.

La altura de presión estática desarrollada por una bomba, se mide como la diferencia de presiones estáticas entre las tuberías de descarga y succión.

Para determinar las respectivas presiones se emplean manómetros en la descarga y vacuómetros en la entrada de la bomba.

## 5.1- Medidores de presión

Los manómetros son dispositivos que miden la intensidad de una fuerza aplicada (presión) a un líquido o gas. Estos pueden ser de dos clases:

- 1- Los que equilibran la presión desconocida con otra que se conoce. E este tipo pertenece el manómetro de vidrio en U, en el que la presión se determina midiendo la diferencia en el nivel del liquido de las dos ramas.
- 2- Los que la presión desconocida actúa sobre un material elástico que produce movimiento utilizado para poder medir la presión. A este tipo de manómetros pertenece el manómetro de tubo de Bourdon, el de pistón, el de diafragma.

Hay dos tipos de manómetros que contienen elementos elásticos que responden a las presiones encontradas en sistemas de potencia de fluido los cuales se conocen como tubo Bourdon y manómetros de Fuelles.

### 5.1.1- Manómetros de Tubo Bourdon

Es un dispositivo que detecta la presión y convierte la presión en desplazamiento, este desplazamiento es una función de la presión aplicada, esta puede ser amplificada e indicada mecánicamente por una aguja en un dial.

Este manómetro consiste de una caratula o dial calibrada en unidades PSI o Kpa y una aguja indicada conectada a través de una articulación a un tubo curvado de metal flexible llamado tubo de Bourdon, el cual se encuentra conectado a la presión del sistema. Conforme se eleva la presión en un sistema, el tubo tiende a enderezarse debido a la diferencia en áreas entre sus diámetros interior y exterior. Es un instrumento de precisión cuya exactitud varía entre el 0.1% y 3% de su escala completa. Son utilizados para fines de experimentación y en sistemas donde es importante determinar la presión.

El manómetro de Bourdon viene disponible en varias formas del tubo: curvado o forma de "C", helicoidal, y espiral. El tamaño, la forma y el material del tubo dependen del rango de presión y del tipo de indicador deseados.

---

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

---

Tubo de Bourdon en forma de C: tienen una sección transversal hueca y elíptica. Es cerrado en un extremo y está conectado a la presión del fluido en el otro extremo. Cuando se aplica presión, su sección transversal se vuelve más circular, haciendo que el tubo se extienda hacia afuera, hasta que la fuerza de la presión del fluido sea balanceada por la resistencia elástica del material del tubo. Puesto que el extremo abierto del tubo se ancla en una posición fija, los cambios de presión se traducen en un desplazamiento del extremo cerrado. Un indicador se fija al extremo cerrado del tubo a través de un conjunto compuesto por un brazo de acoplamiento mecánico, un engranaje y un piñón, que gira el puntero o indicador alrededor de una escala graduada.

Los manómetros de presión tubo de Bourdon se clasifican generalmente como simplex o dúplex.

Un manómetro simplex (Fig.21) tiene solamente un tubo Bourdon y mide solamente una presión. En algunos manómetros simplex una mano roja, la cual se coloca manualmente en la presión de funcionamiento máxima del sistema o porción del sistema en el cual el manómetro está instalado.

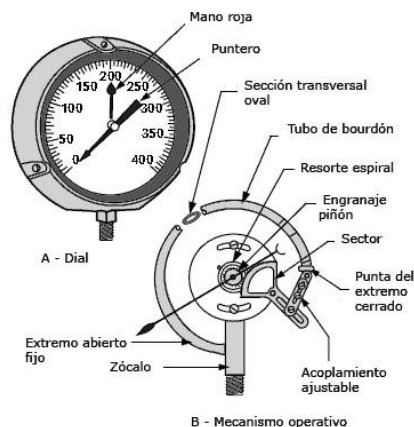


Fig. 21

Los manómetros dúplex (Fig. 22) son dos tubos de Bourdon que se montan en un solo bloque, con cada mecanismo actuando independientemente, pero con los dos indicadores montados en un dial común.

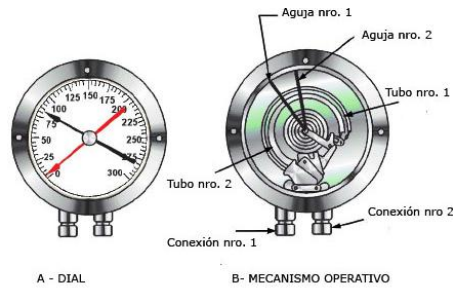


Fig.: Indicador de presión tipo tubo de Bourdon Dúplex

Fig. 22

En la figura se observa que cada tubo de Bourdon tiene su propia conexión de presión y su propio indicador. Estos manómetros se utilizan para dar una indicación simultánea de la presión desde dos ubicaciones diferentes. Pueden ser utilizados para medir las presiones de entrada y salida de un regulador de presión para obtener la presión diferencial a través del mismo.

Los indicadores de presión de tubo Bourdon se utilizan en muchos sistemas hidráulicos.

Tubos de Bourdon espiral y helicoidal (Fig. 23 y Fig. 24): se hacen de tubería con sección transversal aplanada. Ambos son diseñados para proporcionar mayor recorrido de la extremidad del tubo, sobre todo para mover la pluma de grabación de registradores de presión. El elemento en espiral se forma arrollando el tubo Bourdon en forma de espiral alrededor de un eje común, y el helicoidal arrollando más de una espira en forma de hélice.

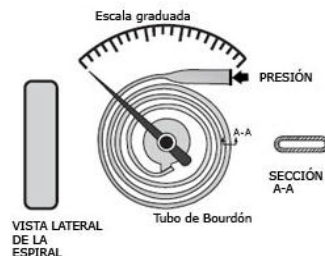
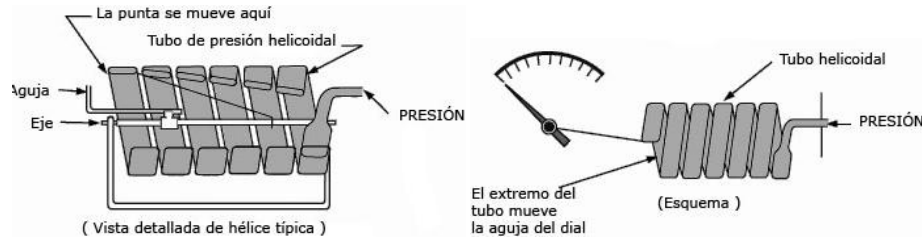


Fig. 23



Tubo de Bourdón helicoidal

Fig. 24

### 5.1.2-Manómetros con elementos de Fuelles Flexibles

Un fuelle flexible es una unidad enrollada que se expande y contrae axialmente con los cambios en la presión. La presión para ser medida se puede aplicar tanto al exterior como al interior de los fuelles; la mayoría de los aparatos de medición por elementos elásticos como los fuelles tienen la presión aplicada al exterior de los mismos. También se clasifican en:

- 1- Dispositivos de fuelles simples.
- 2- Indicadores a fuelle dual
- 3- Interruptor de presión o presóstato.

Dispositivos de Fuelles simples:(Fig. 25) los elementos elásticos de los fuelles se hacen de latón, de aleación de fosforo y bronce, de acero inoxidable, de cobre al berilio, o de otro metal apropiado para el servicio previsto del manómetro. El movimiento del elemento (Fuelle) es transmitido por el acoplamiento y los engranajes convenientes a un indicador dial. La mayoría de los manómetros del fuelle son con carga a resorte, o sea, un resorte se opone al fuelle y previene así la expansión completa del fuelle. La limitación de la extensión excesiva de los fuelle protege de esta manera a los mismos y prolonga su vida ya que se caracterizan por su larga duración.



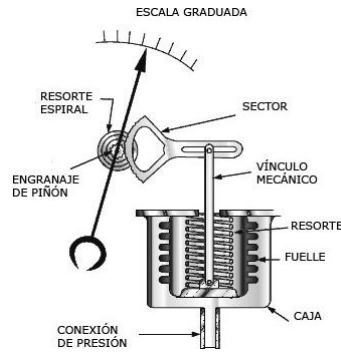
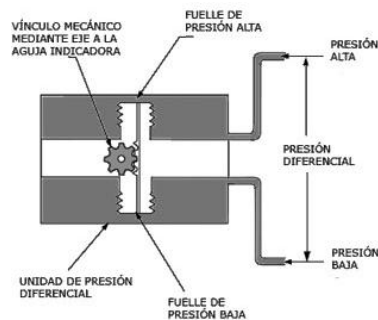


Fig. 25

Indicadores de fuelle Dual (Fig. 26) los indicadores de presión de fuelle dual se utilizan en la marina de guerra como dispositivos medidores de caudal, indicadores de nivel o presión. Al estar en funcionamiento, los fuelles se moverán en proporción a la diferencia de presión aplicada a la unidad de fuelles. El movimiento lineal de los fuelles es detectado por un brazo de impulsión y transmitido como movimiento rotatorio a través de un conjunto de tubo del torque. El mecanismo de indicación, multiplica la rotación del torque a través de un engranaje y un piñón que se ve reflejado en la aguja indicadora.

Los dispositivos a fuelle se utilizan en varias aplicaciones donde el elemento sensible a la presión debe ser bastante poderoso para hacer funcionar, no solo la aguja indicadora, sino también un algún tipo de dispositivos de registro donde dejar constancia de las variaciones detectadas.



Sensor de presión diferencial de fuelle doble.

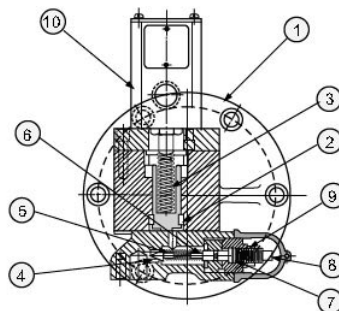
Fig.26

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

Interruptor de presión o presóstato:(Fig. 27) su función es medir los valores máximos o mínimos de presión que se desean para dar una señal de advertencia que active su control auxiliar para energizarse o de des energizarse.

Uno de los interruptores de presión más simples es el tipo unipolar con una posición y disparo rápido, como se muestra en la fig. Este interruptor está contenido en una caja de metal que tenga una cubierta extraíble, una conexión eléctrica y una conexión de medición de presión. El interruptor contiene fuelles metálicos sin costura situados en su cubierta. Los cambios de presión medida hacen que los fuelles trabajen contra un resorte ajustable. Este resorte determina la presión requerida para accionar el interruptor. A través de un acoplamiento conveniente, el resorte hace que los contactos abran o cierran el circuito eléctrico automáticamente cuando la presión de funcionamiento baja o se eleva por encima de un valor específico. Un imán permanece en el mecanismo del interruptor proporciona un broche de presión positivo tanto en la apertura y como el cierre de los contactos.

Otro interruptor de presión es un conjunto hidráulico eléctrico que se utiliza para desconectar el motor de la bomba siempre que la presión del sistema exceda un valor máximo predeterminado.



1. CUERPO
2. PISTON ACTUADOR
3. RESORTE
4. ASIENTO
5. PISTÓN PILOTO
6. RESORTE PILOTO
7. TORNILLO DE AJUSTE DE ÉMBOLO
8. TORNILLO DE AJUSTE
9. CONTRATUERCA DE TORNILLO DE AJUSTE
10. INTERRUPTOR FIN DE CARRERA

Fig. : Presostato electro-hidráulico .

Fig.27

---

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

---

**5.1.3-Manómetros de pistón (Fig. 28)** este manómetro está formado de un pistón conectado a la presión del sistema, un resorte desbalanceador, una aguja y una caratula calibrada en unidades apropiadas. Conforme la presión se eleva en un sistema, el pistón se mueve por esta presión, la que actúa en contra de la fuerza del resorte desbalanceador. Este movimiento ocasiona que la aguja indique en la escala de presión apropiada.

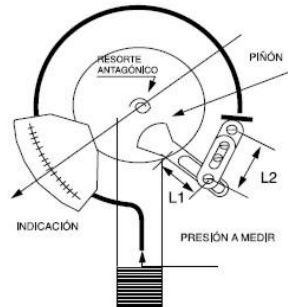


Fig. 28

**5.1.4-Manómetros de Diafragma (Fig. 29)** posee una lámina ondulada o diafragma que transmite deformación producida por las variaciones de presión.

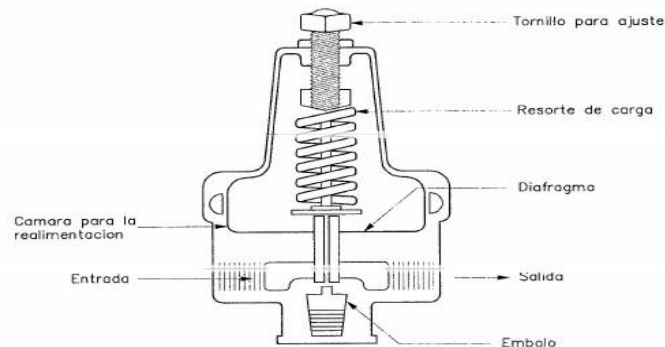


Fig. 29

**5.1.5-Vacuómetro (Fig. 30)** son aquellos que permiten medir presiones inferiores a la atmosférica. Ejemplo, a la entrada de la bomba donde la presión es inferior a la atmosférica y la depresión debe ser mínima.



Fig. 30

### 5.2-Medidores de caudal

En la mayor parte de las operaciones realizadas en los procesos industriales y en los laboratorios, es muy importante la medición de los caudales de líquidos.

Existen varios métodos para medir el caudal. Entre los más importantes podemos mencionar:

Sistema	Elemento
1- Presión diferencial	- Tubo de Pitot - Venturi - Placa orificio - Tobera
2- Área variable	- Rotámetro

Hay que aclarar que en la industria el caudal volumétrico se mide utilizando elementos que dan lugar a una presión diferencial al paso del fluido. Entre los elementos se encuentran la placa-orificio o diafragma, tobera y el tubo Venturi.

#### 5.2.1- Medidores de presión diferencial

El tubo de Pitot (Fig. 31) mide la diferencia entre la presión total y la presión estática, en otras palabras logra medir la presión dinámica. Se utiliza cuando se van a realizar mediciones de grandes caudales. Su precisión es baja, del orden de  $\pm 1.5\%$  a  $\pm 4\%$ .

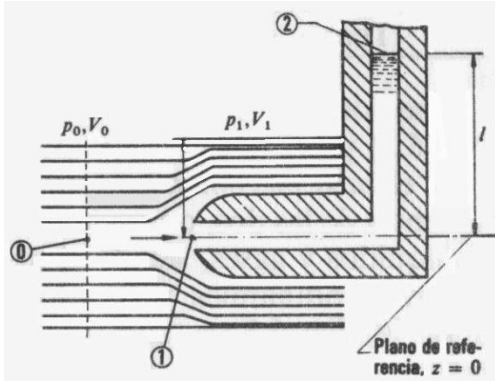


Fig. 31

El tubo de Venturi (Fig. 32) se puede medir caudales superiores al 60% de los caudales con los que trabaja la placa de orificio y además en las mismas condiciones de servicio y con una pérdida de carga de solo del 10 al 20% de la presión diferencial. Posee una gran precisión  $\pm 0.75\%$ , y para su cálculo existen normas variadas.

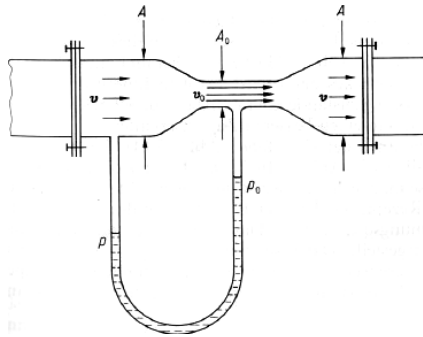


Fig. 32

La placa orificio (Fig. 33) consiste en una placa perforada instalada en la tubería. Dos tomas conectadas en la parte anterior y posterior de la placa captan esta presión diferencial, la cual es proporcional al cuadrado del caudal. Su pérdida de carga es del 40 al 80% de la presión diferencial. La precisión obtenida con la placa es del orden del  $\pm 1\%$  al  $\pm 2\%$ .

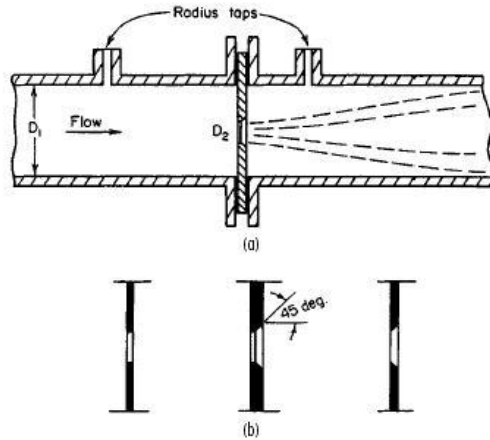


Fig. 33

La tobera (Fig. 34) se coloca en la tubería con dos tomas, una anterior y la otra en el centro de la sección más pequeña. Ella facilita trabajar caudales 60% superiores a los de la placa orificio en las mismas condiciones de servicio. Su pérdida de carga es del 30 al 80% de la presión diferencial. Se puede utilizar para fluidos que arrastren sólidos en pequeñas cantidades. Su rango de precisión es del orden de  $\pm 0.95\%$  al  $\pm 1.5\%$ .

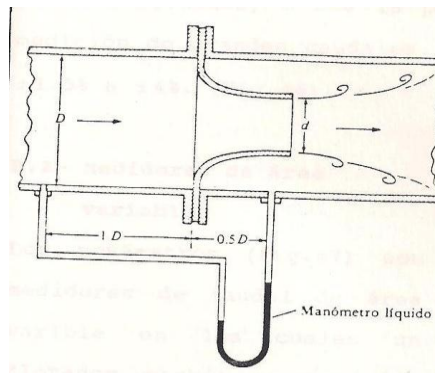


Fig. 34

### 5.2.2-Medidores de área variable.

Los rotámetros (Fig. 35) son medidores de caudal de área variable en los caudales un flotador cambia su posición dentro de un tubo, proporcionalmente al

---

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

---

flujo del fluido. Conociendo el caudal a medir se puede determinar el tamaño del rotámetro consultando las tablas del fabricante. Los tubos empleados en los rotámetros pueden ser de vidrio y metálicos. Los flotadores pueden tener varios perfiles de construcción y el material más empleado es el acero inoxidable. Posee una escala lineal su precisión es de 2% de toda su escala cuando esta sin calibrar y del 1% con calibración.

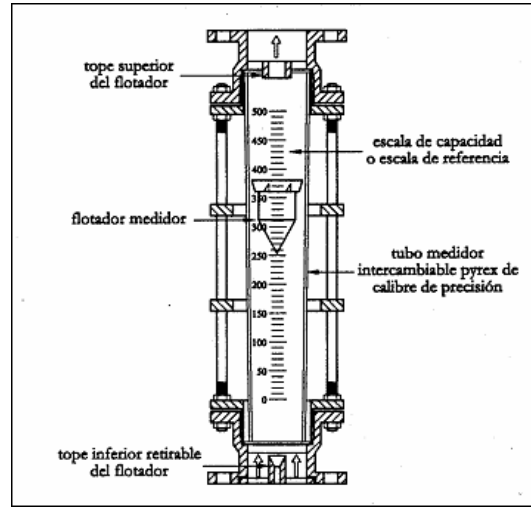


Fig.35

### 5.2.3-Selección del medidor de caudal y medidor de presión

Según la bomba seleccionada la altura de presión máxima a medir es de 21.5m de columna de agua, equivalente a  $2.15 \text{ kgf/cm}^2$ , los cuales los convertimos a psi que equivalen a 30psi, con este valor se selecciono el manómetro modelo SGA-B0321N marca Dwyer (ver anexo 13) y para el medidor de caudal se selecciona el rotámetro de acuerdo al caudal máximo que logra bombear la bomba que es de 20 Gpm el modelo del rotámetro es LFME-13-F2 marca Dwyer.(ver anexo 12)

### 5.3- Medidores de velocidad de giro

La medición de la velocidad de rotación de una maquina puede realizarse utilizando distintos tipos de instrumentos como son: tacómetros de contacto y tacómetros ópticos.

Tacómetros de contacto (Fig. 36) son aquellos en los que para hacer la medición se necesita hacer contacto entre el instrumento y la pieza que rota.



Fig. 36

Tacómetros ópticos (Fig. 37) son aquellos utilizan un medio luminoso para determinar la velocidad de rotación de las piezas.



Fig. 37



### 5.3.1 Selección del equipo.

De los medidores de velocidad mencionados anteriormente se selecciona el tacómetro óptico porque es un instrumento fácil de manejar y sirve para medir velocidades en lugares donde el tacómetro de contacto no puede ser utilizado.

### 5.4- Medidores de corriente y voltaje.

Para conocer si un motor está trabajando perfectamente se tienen que medir sus parámetros corriente que consume, el voltaje que está recibiendo y esto nos ayuda a conocer su eficiencia. Esto se logra por medio de distintos aparatos que se conocen como amperímetros, voltímetros o de vatímetros.

**Un amperímetro** (Fig. 38) es un instrumento que sirve para medir la intensidad de corriente que está circulando por un circuito eléctrico. Hay distintos diseños de amperímetros pero todos poseen el mismo propósito medir corriente. Los tipos de amperímetros son analógicos, digitales, de gancho etc.



Fig. 38

Otro aparato es el voltímetro (Fig. 39) es aquel aparato o dispositivo que se utiliza a fin de medir, de manera directa o indirecta, la diferencia potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico.



Fig. 39

Otro instrumento es el vatímetro (Fig. 40) es un instrumento electrodinámico para medir la potencia eléctrica o la tasa de suministro de energía eléctrica de un circuito eléctrico dado.



Fig.40

### 5.4.1-Selección del equipo

En este proyecto se va a utilizar el amperímetro de gancho ya que va a ayudar a medir la corriente que pasa en cada unas de las líneas que alimentan el motor eléctrico, un voltímetro para ver si el voltaje es el correcto con el que está trabajando el motor y vatímetro para medir la potencia.

CAPITULO VI

MANTENIMIENTO

COSTOS Y GUIAS DE LABORATORIO

### **6- Introducción**

En este capítulo se discute todo lo concerniente al mantenimiento mecánico que se le debe dar al banco de pruebas de bombas centrífugas y todos sus accesorios con el fin de alargar su vida útil, además uno de los componentes más importantes es el sistema motor-bomba y es el que necesita que se este revisando con mayor cuidado para que no sufra daños totales o parciales y así lograr la debida explotación del banco de pruebas.

El mantenimiento es una actividad de inspecciones, tanto del funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza ,lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido. El propósito es prever averías o desperfectos en su estado inicial y corregirlas para mantener la instalación en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos.

Adicionalmente se hablara también sobre los costos de construcción y de operación del banco de prueba centrífugas y de esta manera se dará a conocer la inversión que se desea hacer en el banco de prueba y estimar si es viable para la universidad.

Finalmente se presentaran las guías de laboratorio las cuales van ayudar a realizar las practicas en el banco.

### 6.1- Tipos de mantenimiento

#### 1. El mantenimiento predictivo

Consiste en hacer revisiones periódicas (usualmente programadas) para detectar cualquier condición (presente o futura) que pudiera impedir el uso apropiado y seguro del dispositivo y poder corregirla, manteniendo de ésta manera cualquier herramienta o equipo en optimas condiciones de uso.

#### 2. El mantenimiento preventivo

Es hacer los ajustes, modificaciones, cambios, limpieza y reparaciones (generalmente sencillos) necesarios para mantener cualquier herramienta o equipo en condiciones seguras de uso, con el fin de evitar posibles daños al operador o al equipo mismo.

#### 3. El Mantenimiento Correctivo.

Es reparar, cambiar o modificar cualquier herramienta, maquinaria o equipo cuando se ha detectado alguna falla o posible falla que pudiera poner en riesgo el funcionamiento seguro de la herramienta o equipo y de la persona que lo utiliza.

Para el mantenimiento del banco de pruebas de bombas centrifuga se va a utilizar el mantenimiento preventivo.

#### 6.1.1-Mantenimiento mecánico

**MOTOR:** se van a revisar las borneras de alimentación eléctrica así como el circuito de mando como de fuerza esto para evitar cualquier problema eléctrico y además se va a inspeccionar si no hay ningún cable dañado.

Se va a realizar lectura de voltaje y corriente de consumo.

Verificar elementos térmicos.

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

---

**COJINETES:** Los cojinetes de la bomba han sido lubricados en la fábrica y la frecuencia de lubricación depende de las condiciones de funcionamiento. En general, se debe lubricar por lo menos cada 1,000 horas de uso. No utilice más grasa de la necesaria para llenar las cajas de los cojinetes hasta un tercio de su capacidad. El exceso de lubricación puede causar tanto daño como la falta de lubricación. Utilice siempre grasa de alto grado<sup>7</sup>.

Las horas de trabajo de la bomba se van a calcular por la cantidad de laboratorios ya que son dos clases las que se van a impartir como son mecánica de fluido y turbo maquinas

Son 3 laboratorios por cada clase los cuales duran 2 horas-clase cada uno.

Existen 4 grupos de clase de Ing. Mecánica, cada grupo de clase tiene un total de 45 alumnos de los cuales se forman 36 grupos, cada grupo formado de 5 alumnos. Obteniendo el total de horas seria 432 horas.

Además se van a incluir 100 horas de otros cursos complementarios en total son  
 $432 \text{ horas} + 100 \text{ horas} = 532 \text{ horas al año}$

De acuerdo a las horas que va a trabajar el banco de prueba al año los cojinetes se tiene que lubricar cada año.

**Empaque:** El empaque no se debe ajustar mucho porque se puede quemar y a la vez ranurar el eje o la manga del eje. Una caja de relleno no está debidamente empacada si la caja es tan grande que no se puede hacer girar el eje con la mano. Si una fuga excesiva ya no se puede detener ajustando las tuercas de estanqueidad, el empaque se debe reemplazar. Cuando reemplace el empaque, cada anillo del empaque se debe cortar del largo adecuado para que los extremos estén en contacto pero no se sobrepongan. Los anillos del empaque se deben poner en la caja de relleno de tal forma que las uniones estén escalonadas. Asegúrese de poner suficiente empaque detrás del anillo de

---

<sup>7</sup> Se refiere a la temperatura de trabajo de la grasa.

linterna, para que el líquido sellador o grasa llegue al anillo de linterna y no al empaque. Si el líquido a bombear contiene tierra, arenilla o ácido, se debe conectar una tubería con líquido sellador hacia la caja de relleno desde una fuente limpia externa de abastecimiento para evitar se dañe el empaque y las mangas del eje. La tubería de suministro del sellador líquido debe encajar ajustadamente para que no entre aire. Engrase el empaque, y verifique que la grasa fluya libremente dentro de la cavidad de empaque. Los intervalos de engrase dependerán del uso y la aplicación. Utilizar grasa de alto grado

**Sellos mecánicos:** Los sellos mecánicos son lubricados con agua y por lo tanto no requieren otra lubricación. Si hubiera una fuga, revise los componentes del sello para ver si hay desgaste.

Para que el sistema trabaje bien no solo hay que darle mantenimiento al motor y a la bomba también hay que realizar una revisión a los dispositivos como son válvulas las cuales no contengan fuga.

### **6.1.2- Mantenimiento hidráulico.**

Como el material a utilizar en el sistema hidráulico es de PVC, el cual tiene una vida útil bastante larga el único mantenimiento que se tiene que realizar es una inspección de las válvulas y tuberías las cuales no contengan algún daño como son perforaciones o que contengan rajaduras las cuales van a generar fuga de agua.

### **6.1.3-Mantenimiento estructural**

Para la estructura se va a realizar un mantenimiento cada año el cual consiste en pintar la estructura con pintura anticorrosiva, la cual evita que el material en este caso acero estructural adquiera oxido el cual pondría en mal estado la estructura.

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

---

### 6.2-Costos de construcción del banco de prueba

#### Costos de la estructura

Material	cantidad	Precio unitario(C\$/unidad)	Total
Angular de 2x2x1/8	16 unidades	346.83	C\$5549.33
Soldadura 6013	5 lb	44.71 C\$/Lb	C\$223.59
Rodos con frenos	5 unidades	400	C\$2000
Plataforma de rodos	1 lamina		C\$600
pernos	20	20	C\$400
			C\$8772.92

#### Costo del sistema Hidráulico

Material	cantidad	Precio unitario(C\$/unidad)	Total
Tubos de PVC 1"	<b>7</b>	116.41	C\$814.87
Alineador de bomba	<b>1</b>	400	C\$400
Válvula de Check	1	191.37	C\$191.37
Válvula de bola	1	23.68	C\$23.68
Válvula de compuerta	1	80	C\$80
Adaptadores machos	20	5.46	C\$109.20
Adaptadores hembras	15	6.82	C\$102.30
Codos de 90	10	10.93	C\$109.30
Bombas centrifugas	2	2865.41	C\$5730.82
manómetros	2	88.27	C\$177.34
Codos largos de 90	4	10.93	C\$43.72
Caudalímetro	1	90	C\$90
			C\$7872.6



## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

---

### Costos eléctricos

material	cantidad	Precio unitario(C\$/unidad)	Total
Centro de carga	1	425.93	425.93
breakers	1	138.26	138.26
Alambre calibre 12	3	12.82	38.46
arrancador	1	1222.04	1222.04
Relé térmico	1	1137.30	1137.30
Cable de 3x12	5	46.83	234.15
			C\$3196.14

El costo estimado del banco de prueba es de 1,000 dólares.

### 6.3- Costos de operación

Para sacar los ingresos que va generar el banco de prueba de bombas centrífugas se toman el costo que cuesta el laboratorio que son 50 córdobas netos por la cantidad de estudiantes que van a utilizarlo de acuerdo a la clase que corresponda en el semestre ya sea mecánica de fluidos como la clase de turbo máquinas.

Clase de mecánica de fluido.

$$2 \text{ grupos} \times 45 \frac{\text{estudiante}}{\text{grupos}} \times \frac{50 \text{ cordobas}}{\text{estudiante}} = 4,500 \text{ córdobas}$$

Turbo maquinas

$$2 \text{ grupos} \times 45 \frac{\text{estudiante}}{\text{grupos}} \times \frac{50 \text{ cordobas}}{\text{estudiante}} = 4,500 \text{ córdobas}$$

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

---

Se van a tomar otros ingresos los cursos extraes que se van a impartir a personas que no forman parte de la universidad. El curso se va a impartir a 2 grupos cada uno con 25 estudiantes con un costo de 2200 córdobas.

$$2 \text{ grupos} \times 25 \frac{\text{estudiante}}{\text{grupos}} \times \frac{2200 \text{ cordobas}}{\text{estudiante}} = 110,000 \text{ córdobas}$$

Ingresos totales

$$(4500 \text{ córdobas} \times 2) + 110,000 \text{ córdobas} = 119,000 \text{ córdobas}$$

Los costos indirectos son luz, agua, mantenimiento, depreciación.

### 6.3.1- Costos energéticos

Cantidad de kw consumidos por la bomba.

$0.37\text{kw} \times 532 \text{ horas} = 196.84\text{kwh}$  al año este valor se multiplica por el precio del kwh.

El valor del costo de la energía se obtuvo del estudio realizado por la universidad nacional de ingeniería donde el consumo promedio era de 146,557.86 kwh/mes y un costo de facturación promedio mensual de 35,752.29 dólares donde el dólar estaba a 18.35 córdobas, de estos datos se obtuvo que el kwh actual para la universidad cuesta 5.29 córdobas/kwh con una tasa de cambio del dólar de 21.7 córdobas.

$$196.84\text{kwh} \times 5.29 \text{ córdobas/kwh} = 1,033.41 \text{ córdobas al año}$$

### 6.3.2- Costo de agua.

En el sistema de bombeo se van a utilizar 0.4542 m³ por las cantidades de veces que se va a cambiar el agua ya que se trata de un sistema cerrado el agua no

---

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

---

necesita estarse cambiando cada vez que se vayan a realizar laboratorios, el agua se va a cambiar 4 veces al año. El costo del m<sup>3</sup> de agua es de 12 córdobas.

$$0.4542\text{m} \times 12 \text{ córdobas} \times 4 \text{ veces} = 21.80 \text{ córdobas}$$

### 6.3.3- Depreciación

La depreciación es basada por el método de la línea recta- costo o precio de adquisición entre la vida útil del bien. De acuerdo a la DGI y a la tabla de depreciación la bomba centrífuga se ubica en maquinaria y equipos donde entra en la categoría de industriales en general que se subdivide según al uso que esta va a tener que es Fija en un bien inmóvil con un 10%.(vera anexo 26)

Calculamos el número de años de vida útil

$$100\%/10\%= 10 \text{ años}$$

Calculamos la depreciación

$$D_{LR}=Va-Vs/n$$

Donde Va= valor de adquisicion

Vs= valor de salvamento

n=vida útil

$$D_{LR}= (2865.41 \text{ córdobas} - 0 \text{ córdobas}) /10 \text{ años}$$

$$D_{LR}=286.54 \text{ córdobas/año}$$

El pago que se debe de realizar a los maestros que van a impartir los laboratorios y otros cursos fuera es de 51,840 córdobas al año

El costo de mantenimiento está sometido a la tabla que posee la universidad el cual es de 434 córdobas.

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

---

### Egresos

Pago de maestros	51,840 córdobas / año
Energía eléctrica	1,033.41 córdobas /año
Consumo de agua	21.80 córdobas /año
Depreciación	286.94 córdobas año
Mantenimiento	434 córdobas/ año
<b>Total</b>	<b>53,616.15 córdobas/ año</b>

Costos totales: Ingresos –Egresos

Costos totales: 119,000 córdobas-53,616.15 córdobas/ año

Costos totales: 65,383.85 córdobas/ año

### 6.4 Guías de laboratorios

#### Guía 1

**Nombre de laboratorio: Instalación y evaluación de los parámetros del sistema de bombeo.**

Número de participantes: 5

Objetivos:

- 1- Ensamblar el circuito propuesto
- 2- Poner a funcionar el circuito
- 3- Medir parámetros eléctricos de la bomba y verificar los datos con la placa del motor.
- 4- Medir los rpm de salida del motor.

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

---

### Requerimientos:

- Tubos de Ø1"
- Manómetro
- Caudalímetro
- Teflón
- Bomba
- Válvulas
- Multímetro
- Tacómetro
- Codos de 90°
- Codos de radio largo 90°
- Vatímetro
- Amperímetro de gancho
- Pie de rey
- Adaptadores macho y hembra

### Procedimiento.

- 1- Partiendo de los elementos tales como codos tuberías válvulas etc., se arma el circuito y una vez ensamblado el sistema, se verifica las conexiones eléctricas que alimentan el motor eléctrico
- 2- Se enciende el motor de la bomba y se comprueban los parámetros eléctricos tales como voltaje y corriente.
- 3- Se miden las rpm del motor y se comparan con los datos de placa
- 4- Se verifica el flujo de agua y las presiones a través de los instrumentos de medición instalados en el banco y con la línea de Energía total y Piezometrica, la cual debe construir el estudiante con los datos del banco

## Guía 2

### **Nombre de laboratorio: Determinación de las Perdidas Hidráulicas en un sistema de Bombeo**

#### Objetivos:

Medir las presiones en diferentes puntos del circuito hidráulico

Calcular las perdidas por fricción en los diferentes tramos

Calcular las pérdidas por accesorios.

#### Procedimiento

- 1- Se calcula las perdidas hidráulicas de acuerdo al circuito dado.
- 2- Se compara y analiza los cambios que suceden si se utiliza otro tipo de material en las tuberías.

### Conclusiones

A partir del desarrollo realizado del presente proyecto se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- 1- Se seleccionó el material PVC para el sistema hidráulico, así como otros componentes como son válvulas, codos y uniones etc.
- 2- Se seleccionaron las dos bombas más apropiadas para el proyecto en dependencia a los dos circuitos propuestos y también a la disponibilidad del mercado local, ya que los motores de velocidad poseen un alto costo en el mercado.
- 3- Se establecieron 2900 y 3400 revoluciones por minutos para realizar los ensayos correspondientes.
- 4- Se realizó la selección del material para la construcción de la torre, así como la soldadura y otros componentes como son rodillos y el alineador de bombas.
- 5- Se realizó la selección de instrumentos que van ayudar a mantener los parámetros de funcionamiento adecuados como son presión, caudal, voltaje y corriente.
- 6- Se logró obtener guías de laboratorios para los estudiantes.
- 7- De acuerdo al análisis de costos tanto de construcción como de mantenimiento se llegó a la conclusión que el banco de prueba de bombas centrífugas es factible para la universidad.

### Recomendaciones

- 1- Para la alimentación del motor se debe trabajar con un voltaje de 110 volts ya que es menos peligroso que trabajar con 220 volts por que los laboratorios se van a realizar con fines didácticos y no industriales.
- 2- Para los datos de presión y caudal en los dos circuitos se tiene que esperar alrededor de 5 minutos para que los parámetros de diseño alcancen condiciones de estado estable, de esta manera se evita errores.



### **Bibliografía.**

- 1- Catalogo de soldadura Indura
- 2- Catalogo de Electrodo Lincoln electric
- 3- Catalogo de centro de carga e interruptores de circuito Cutler-Hammer
- 4- Catalogo de bombas centrifugas Pedrollo
- 5- Catalogo de tuberías y accesorios de PVC Amanco
- 6- Código de instalaciones eléctrica de Nicaragua
- 7- Catalogo de Siemens
- 8- Diseño de estructuras de acero  
Autor: Jack C.McCormac  
Editorial: Alfa omega
- 9- Engineering Data Book,  
Hydraulic Institute, 2nd Edition, Cleveland,
- 10-Folleto de Maquinas Hidráulicas  
Autor: Ing. Ross Waring  
Universidad Nacional de Ingeniería
- 11-Flow of fluids through valves, fittings and Pipe  
Autor: Crane Company

12-Instrumentación Industrial

Autor: Antonio Creus.

Editorial: CECSA

13-Ingeniería Económica

Autor: Anthony J.Tarquin

Editorial: McGraw-Hill

14-Know and understand centrifugal pumps

Autor: Larry Bachus and Angel Custodio

15-Manual de Hidráulica

Autor: J.M. de Azevedo

Editorial: Harla S.A de CV, México DF

16-Mecánica de Materiales

Autor: Ferdinand P. Beer

Editorial: McGraw Hill

17-Mecánica de Fluidos

Autor: Víctor L Streeter

Editorial: McGraw Hill

18-Código de instalaciones Eléctricas de Nicaragua.

Ministerio de Fomento Industria y Comercio.

19-Principios Básicos para el diseño de instalaciones de bombas centrífugas.

Autor: Sterling SIHI

## **ANEXOS**

# Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

## PÉRDIDAS DE CARGA PARA TUBERÍAS DE PVC Anexo 1

Cálculo de las pérdidas de carga en base a tuberías de menor presión por cada diámetro, según la fórmula de Hazen – Williams.

D. Nominal (mm)		20		25		32		40		50		63	
Caudal		Pc	V	Pc	V	Pc	V	Pc	V	Pc	V	Pc	V
lps	gpm												
0.01	0.16	0.02	0.04										
0.02	0.32	0.08	0.09	0.02	0.05								
0.04	0.63	0.29	0.18	0.08	0.11								
0.06	0.95	0.62	0.26	0.18	0.16								
0.08	1.27	1.06	0.35	0.30	0.21								
0.10	1.59	1.61	0.44	0.46	0.26								
0.20	3.17	5.80	0.88	1.65	0.53	0.43	0.30						
0.30	4.76	12.30	1.32	3.50	0.79	0.91	0.45						
0.40	6.34	20.95	1.76	5.97	1.05	1.55	0.61						
0.50	7.93	31.68	2.20	9.02	1.32	2.35	0.76	0.72	0.47				
0.60	9.51	44.40	2.64	12.65	1.58	3.29	0.91	1.01	0.56				
0.70	11.10			16.83	1.84	4.38	1.06	1.34	0.65				
0.80	12.68			21.55	2.10	5.61	1.21	1.71	0.74				
0.90	14.27			26.80	2.37	6.98	1.36	2.13	0.84	0.66	0.52		
1.00	15.85			32.58	2.63	8.49	1.51	2.59	0.93	0.81	0.58		
1.20	19.02					11.89	1.82	3.63	1.12	1.13	0.69		
1.40	22.19					15.82	2.12	4.83	1.30	1.51	0.81	0.46	0.50
1.60	25.36					20.26	2.42	6.19	1.49	1.93	0.92	0.59	0.57
1.80	28.53					25.20	2.73	7.69	1.67	2.40	1.04	0.73	0.64
2.00	31.70							9.35	1.86	2.92	1.15	0.89	0.71
2.20	34.87							11.16	2.05	3.48	1.27	1.06	0.78
2.40	38.04							13.11	2.23	4.09	1.38	1.24	0.85
2.60	41.21							15.20	2.42	4.74	1.50	1.44	0.92
2.80	44.38							17.44	2.60	5.44	1.61	1.66	0.99
3.00	47.55									6.18	1.73	1.88	1.06
3.25	51.51									7.17	1.87	2.18	1.15
3.50	55.48									8.22	2.02	2.50	1.24
3.75	59.44									9.34	2.16	2.84	1.33
4.00	63.40									10.53	2.31	3.21	1.41
4.25	67.36									11.78	2.45	3.59	1.50
4.50	71.33									13.10	2.59	3.99	1.59
4.75	75.29											4.41	1.68
5.00	79.25											4.85	1.77
5.25	83.21											5.30	1.86
5.50	87.18											5.78	1.95
5.75	91.14											6.28	2.03
6.00	95.10											6.79	2.12
6.25	99.06											7.33	2.21
6.50	103.03											7.88	2.30
6.75	106.99											8.45	2.39
7.00	110.95											9.04	2.48
7.25	114.91											9.64	2.56

PC: Pérdida de carga en m de columna de agua por cada 100m de tubería

CÁLCULO EN BASE A DIÁMETROS INTERNOS DE TUBERÍA BAJA PRESIÓN

V: Velocidad en metros por segundo (m/s)

C: 150 constante de H-W

## Anexo 2



### PÉRDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS DE PVC

Pérdidas de fricción en accesorios, convertidas a metros de longitud de tubería de PVC.

DÍAMETRO NOMINAL		20	25	32	40	50	63	75	90	110	160	200
PÉRDIDAS DE CARGA (m)												
TEE		0.70	0.80	0.90	1.50	2.20	2.30	2.40	2.50	2.60	3.60	5.00
CODO 90°		1.10	1.20	1.50	2.00	3.20	3.40	3.70	3.90	4.30	5.40	5.50
CODO 45°		0.40	0.50	0.70	1.00	1.30	1.50	1.70	1.80	1.90	2.60	3.50
CODO 90° L/R		0.40	0.50	0.60	0.70	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60	2.10	2.60
CODO 45° L/R		0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.20	1.40
VÁLVULA CHECK		2.50	2.70	3.80	4.90	6.80	7.10	8.20	9.30	10.40	13.90	17.60
VÁLVULA DE BOLA		11.10	11.40	15.00	22.00	35.80	37.90	38.00	40.00	42.30	56.70	72.10
VÁLVULA DE COMPUERTA		0.10	0.20	0.30	0.40	0.70	0.80	0.90	0.90	1.00	1.20	1.40

## Anexo 3



electrobombas centrífugas

## CAMPO DE LAS PRESTACIONES

Caudal hasta 160 l/min (9.6 m<sup>3</sup>/h)

Altura manométrica hasta 58 m

## LIMITES DE EMPLEO

Altura de aspiración manométrica hasta 7 m

Temperatura del líquido hasta + 60°C

Máxima temperatura ambiente hasta + 40°C



CPm 620

## PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

La serie CP está constituida por ELECTROBOMBAS CENTRIFUGAS MONORODETE, que tienen en común un diseño esencial y una selección técnica bien definida de construcción, que caracterizan sus prestaciones. El rodete, instalado en voladizo sobre el eje motor, se halla directamente delante de la boca de aspiración del cuerpo bomba. La forma del rodete impulsa, con las menores pérdidas hidráulicas, el fluido radialmente desde el centro hacia la periferia, así que los álabes, situados en el canal del rodete, ceden al fluido energía tanto en forma de presión, como de aumento de velocidad. A la salida del rodete el fluido es conducido a la voluta del cuerpo bomba, que junto con el difusor cónico transforma parte de la energía cinética en energía de presión.

## EMPLEOS E INSTALACIONES

Se aconseja para bombear agua limpia que no contenga partículas abrasivas y/o líquidos químicamente agresivos para los materiales que constituyen la bomba. GRACIAS A SU FIABILIDAD, SENCILLEZ DE EMPLEO, AUSENCIA DE MANTENIMIENTO Y SILENCIOSIDAD, ENCUENTRAN UN AMPLIO UTILIZO EN EL CAMPO DOMESTICO Y CIVIL, PARTICULARMENTE EN LA DISTRIBUCION AUTOMATICA DEL AGUA ACOPLADAS A PEQUEÑOS O MEDIANOS EQUIPOS HIDRONEUMATICOS, PARA TRASIEGOS EN GENERAL, PARA RIEGOS DE HUERTAS O JARDINES, ETC.

La instalación se debe efectuar en lugares cerrados o protegidos de la intemperie.

## PRESTACIONES

Laguna de bombas de la serie CP es particularmente variada; sin embargo en el estudio de cada máquina se ha tratado de conseguir una estandarización en los siguientes puntos:

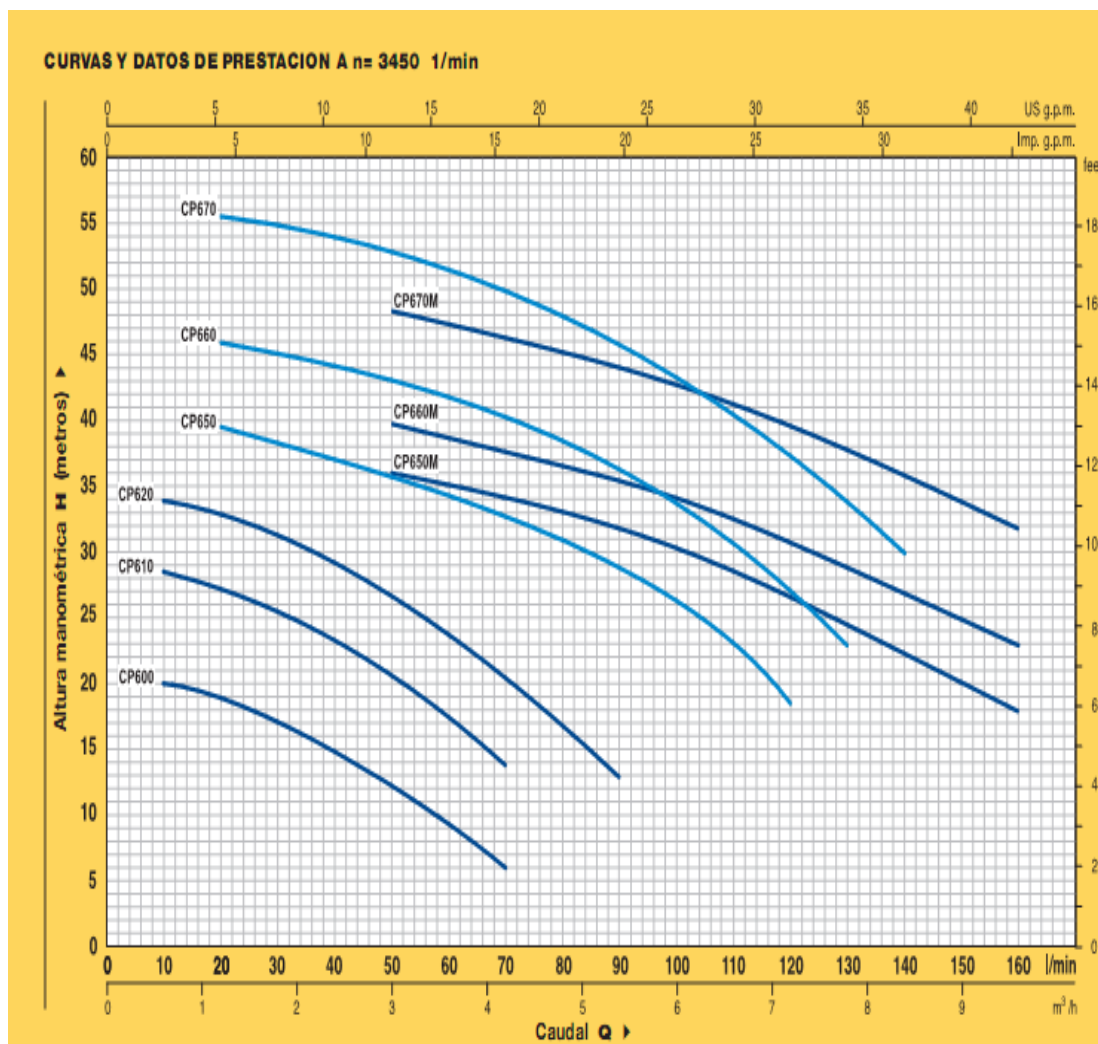
- curvas características particularmente amplias y estables;
  - rendimientos caracterizados por elevados valores absolutos y curvas de rendimiento tendencialmente planas;
  - curvas de absorbimiento planas en los altos caudales, tales que impidan la sobrecarga de los motores incluso frente a empleos prolongados;
  - buenas capacidades de aspiración tanto para bajos como para elevados caudales.
- Tolerancia de las curvas según ISO 2548.

## CARACTERISTICAS DE CONSTRUCCION

- CUERPO BOMBA en hierro fundido, con bocas de aspiración e impulsión roscadas gas UNI ISO 228/1.
- TAPA DEL CUERPO BOMBA en acero inoxidable AISI 304 o en hierro fundido en los modelos de mayor potencia.
- RODETE EN LATON, del tipo a flujo radial centrífugo (rodete en tecnopolímero disponible).
- EJE MOTOR en acero inoxidable AISI 316 (AISI 416 hasta 0.75 kW).
- SELLO MECANICO en cerámica y grafito.
- MOTOR ELECTRICO: las bombas están acopladas directamente a un motor eléctrico PEDROLLO expresamente dimensionado, de tipo asíncrono de elevado rendimiento, silencioso, cerrado, con ventilación externa, apto para el servicio continuo. AISLAMIENTO clase F (B hasta a 0.75 KW). El protector térmico (salvavoltaje) está incorporado en los motores monofásicos. Los motores trifásicos deben estar protegidos con un salvavoltaje exterior adecuado, por lo que se prevé una conexión conforme a las normas vigentes.
- PROTECCION IP 44.
- EJECUCION Y NORMA DE SEGURIDAD según EN60 335-1 (IEC 335-1, CEI 61-150) EN 60334-1 (IEC 34-1, CEI 2-3).
- MODELO REGISTRADO.

# Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

## Anexo 4



TIPO		POTENCIA		Q $\frac{m^3}{h}$ $\frac{l}{min}$	Q $\frac{m^3}{h}$																
Monofásica	Trifásica	kW	HP		0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2	7.8	8.4	9.0	9.6
CPm 600	CPm 600	0.37	0.5	H m	21.5	20	19	17	15	12.5	9.5	6									
CPm 610X	CPm 610X	0.6	0.85		30	28.5	27	25.5	23.5	21	17.5	14									
CPm 620	CPm 620	0.75	1		35	34	33	31.5	29.5	27	24	20.5	17	13							
CPm 650	CPm 650	1.1	1.5		42	41	39.5	38.5	37	36	34.5	33	31	29	26	23	18.5				
CPm 660	CPm 660	1.5	2		48	47	46	45	44	43	42	40.5	39	36.5	34	31	27	23			
CPm 670	CPm 670	2.2	3		57	56.5	55.5	55	54	53	51.5	50	48	46	43	40.5	37.5	34	30		
CPm 650M	CPm 650M	1.1	1.5		39	38.5	38	37	36.5	36	35	34	33	32	30	28.5	26.5	24.5	22.5	20	18
CPm 660M	CPm 660M	1.5	2		43	42.5	42	41	40.5	40	39	37.5	36.5	35	34	32.5	31	29	27	25	23
CPm 670M	CPm 670M	2.2	3		51	50.5	50.3	50	49.5	48.5	47.5	46.5	45	44	42.5	41	39.5	37.5	36	34	32

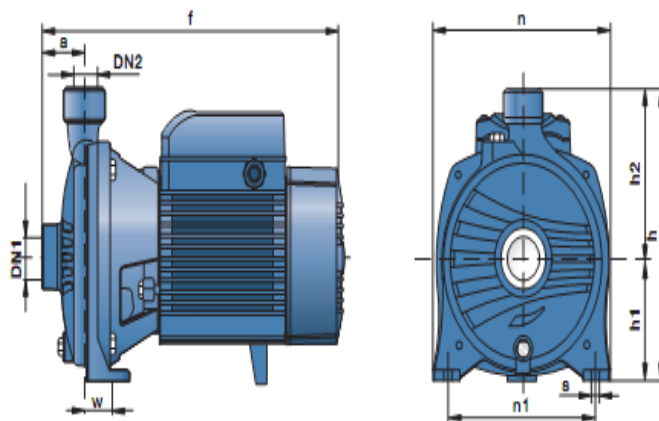
Q = Caudal H = Altura manométrica total

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO 9906 App. A.

# Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

## Anexo 5

**TABLA DE DIMENSIONES Y PESOS**



TIPO		BOCAS		DIMENSIONES mm										kg	
Monofásica	Trifásica	DN1	DN2	a	f	h	h1	h2	n	n1	w	s		1~	3~
CPm 600	CP 600			34	247	187	77	71	148	118	45			7.8	7.6
CPm 610X	CP 610X	1"		42	259	211	82	83	165	135	41	10		8.4	8.1
CPm 620	CP 620			44	298	240	97	93	190	160	42.5			12.1	11.6
CPm 650	CP 650													19.2	18.5
CPm 660	CP 660				341									25.0	24.2
CPm 670	CP 670				361									26.3	25.5
CPm 650M	CP 650M	1 1/4"		51		260	110	96	206	165	44.5	11		19.2	18.5
CPm 660M	CP 660M				341									25.0	24.2
CPm 670M	CP 670M				361									26.3	25.5





## CAMPO DE LAS PRESTACIONES

Caudal hasta 160 l/min (9.6 m³/h)  
Altura manométrica hasta 58 m

## LIMITES DE UTILIZO

Altura de aspiración manométrica hasta 7 m  
Temperatura del fluido hasta + 60°C  
Máxima temperatura ambiente hasta + 40°C

## EJECUCION Y NORMAS DE SEGURIDAD:

EN 60 335-1	EN 60034-1
IEC 335-1	IEC 34-1
CEI 61-150	CEI 2-3

## EMPLEOS E INSTALACIONES

Se aconseja para bombear agua limpia que no contenga partículas abrasivas y/o líquidos químicamente agresivos para los materiales que constituyen la bomba.

GRACIAS A SU FIABILIDAD, SENCILLEZ DE EMPLEO, AUSENCIA DE MANTENIMIENTO Y SILENCIOSIDAD, ENCUENTRAN UN AMPLIO UTILIZO EN EL CAMPO DOMESTICO Y CIVIL, PARTICULARMENTE EN LA DISTRIBUCION AUTOMATICA DEL AGUA ACOPLADAS A REQUENOS O MEDIANOS EQUIPOS HIDRONEUMATICOS, PARA TRASIEGOS EN GENERAL, PARA RIEGOS DE HUERTAS O JARDINES, ETC.

La instalación se debe efectuar en lugares cerrados o protegidos de la intemperie.

## GARANTIA: 2 AÑOS

(según nuestras condiciones generales de venta).

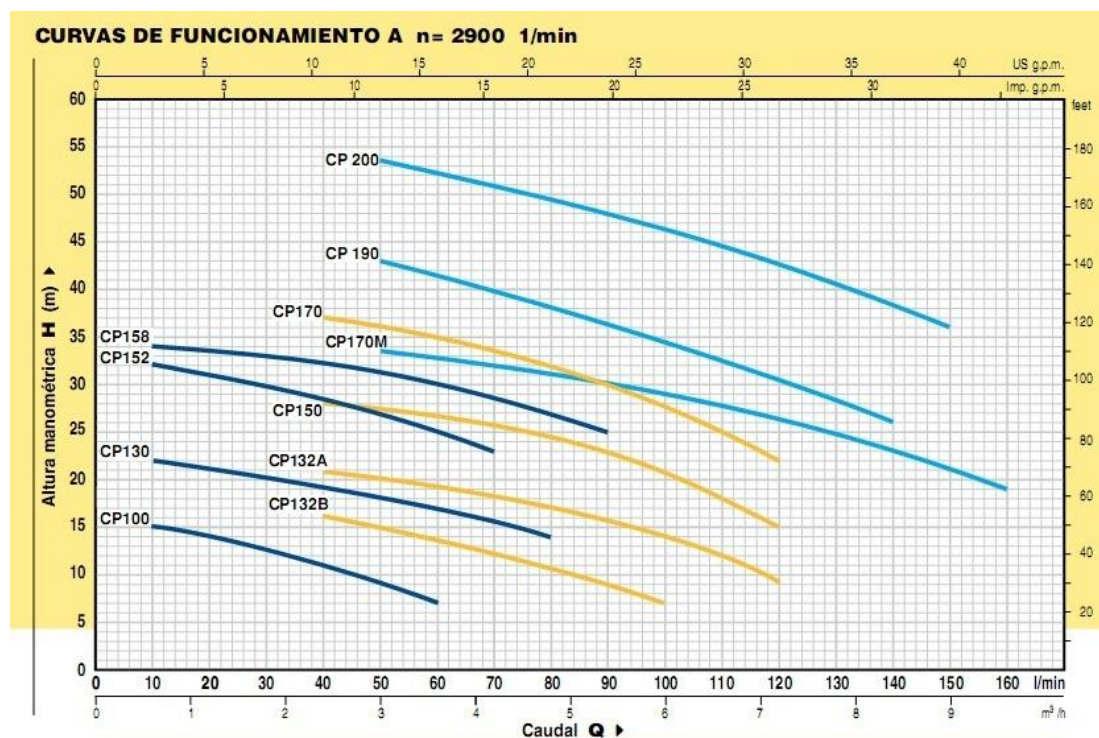
## CARACTERISTICAS DE CONSTRUCCION

- **CUERPO BOMBA:**  
en hierro fundido, con bocas de aspiración e impulsión roscadas gas UNI ISO 228/1.
- **TAPA DEL CUERPO BOMBA:**  
en acero inoxidable AISI 304 o en hierro fundido en los modelos de mayor potencia.
- **RODETE:**  
en latón, el tipo a flujo radial centrífugo (sobre demanda rodetes en tecnopolímero).
- **EJE MOTOR:**  
en acero inoxidable AISI 430 F (AISI 416 hasta 0.80 kW).
- **SELLO MECANICO:**  
cerámica y grafito.
- **MOTOR ELECTRICO:**  
las bombas están acopladas directamente a un motor eléctrico PEDROLLO expresamente dimensionado, de tipo asincrónico de elevado rendimiento, silencioso, cerrado, con ventilación externa, apto para el servicio continuo. AISLAMIENTO clase F (B hasta a 0.75 kW). El protector térmico (salvavoltaje) está incorporado en los motores monofásicos.  
Los motores trifásicos deben estar protegidos con un salvavoltaje exterior adecuado, por lo que se prevé una conexión conforme a las normas vigentes.
- **PROTECCION:** IP 44.
- **MODELO REGISTRADO** nº 72753.



# Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

## Anexo 7



**DATOS DE FUNCIONAMIENTO A  $n = 2900$  1/min**

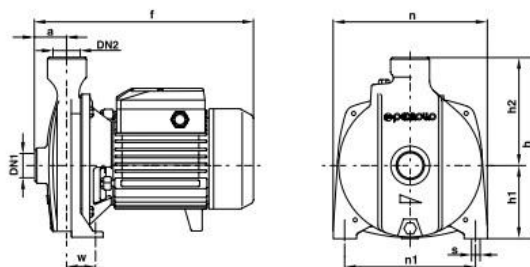
MODELO BOMBA		POTENCIA		Q																
Monofásica	Trifásica	kW	HP	0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2	7.8	8.4	9.0	9.6
				0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
CPm 100	CP 100	0.25	0.33	16	15	14	12.5	11	9	7										
CPm 130	CP 130	0.37	0.50	23	22	21	20	19	18	17	15.5	14								
CPm 132B	CP 132B	0.45	0.60	20	—	18	17	16	15	13.5	12	10.5	9	7						
CPm 132A	CP 132A	0.60	0.85	23	—	22	21.5	21	20	19	18	17	16	14	12	9				
CPm 152	CP 152	0.55	0.75	33	32	31	29.5	28.5	27	25	23									
CPm 150	CP 150	0.75	1	29.5	—	29	28.5	28	27.5	26.5	26	24.5	23	21	18	15				
CPm 158	CP 158	0.75	1	36	34	33.5	33	32.5	31.5	30	28.5	27	25							
CPm 170	CP 170	1.1	1.5	41	—	—	38	37	36	35	33.5	32	30	27.5	25	22				
CPm 170M	CP 170M	1.1	1.5	36	—	—	35	34.5	33.5	33	32	31	30	29	28	26.5	25	23	21	19
CPm 190	CP 190	1.5	2	50	—	—	46	44.5	43	41.5	40	38	36	34.5	32.5	30.5	28	26		
—	CP 200	2.2	3	58	—	—	55	54.5	53.5	52	51	49.5	48	46	44.5	42.5	40.5	38.5	36	

Q = CAUDAL H = ALTURA MANOMETRICA TOTAL

Tolerancia de las curvas de prestaciones según ISO 2548.

# Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

## Anexo 8



**TABLA DE DIMENSIONES**

MODELO BOMBA		DN1	DN2	DIMENSIONES mm								
Monofásica	Trifásica			a	f	h	h1	h2	n	n1	w	s
CPm 100	CP 100	1"	1"	34	247	187	77	110	148	118	45	10
CPm 130	CP 130	1"	1"	42	259	211	82	129	165	135	41	10
CPm 132B	CP 132B	1"	1"	42	259	211	82	129	165	135	41	10
CPm 132A	---	1"	1"	42	266	211	82	129	165	135	41	10
---	CP 132A	1"	1"	42	259	211	82	129	165	135	41	10
CPm 152-150-158	CP 152-150-158	1"	1"	42	285	240	92	148	190	160	38	10
CPm 170-170M	CP 170-170M	1 1/4"	1"	51	341	260	110	150	206	165	44.5	11
CPm 190	---	1 1/4"	1"	51.5	358	290	115	175	242	206	32.5	11
---	CP 190-200	1 1/4"	1"	51.5	338	290	115	175	242	206	32.5	11

### Standard Bicapa



CAPACIDAD	DIAMETRO	ALTURA
250 L 66 GAL	0.78 m	0.70 m
450 L 120 GAL	0.77 m	1.06 m
750 L 198 GAL	1.07 m	1.03 m
1100 L 290 GAL	1.15 m	1.26 m
1750 L 462 GAL	1.16 m	1.86 m
2500 L 660 GAL	1.50 m	1.70 m
4200 L 1109 GAL	1.75 m	2.09 m
5000 L 1320 GAL	1.76 m	2.22 m

Anexo 9



## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

TANQUES	GALONES	Peso Kg.	Dimensiones	
450 Lts.	119	11	D=0.85	A=0.99
750 Lts.	198	17	D=0.97	A=1.245
1.100 Lts.	291	22	D=1.11	A=1.365
1.700 Lts.	449	39	D=1.37	A=1.38
2.500 Lts.	661	44	D=1.60	A=1.60
5.000 Lts.	1322	115	D=1.77	A=2.20
10.000 Lts.	2644	225	D=2.20	A=3.10
15.000 Lts.	3965	400	D=2.40	A=3.80
22.000 Lts.	5816	450	D=3.00	A=3.52
<b>FOSAS SEPTICAS</b>				
750 Lts.	198	17	D=0.97	A=1.245
1.100 Lts.	291	22	D=1.11	A=1.365
2.500 Lts.	661	44	D=1.60	A=1.60
5.000 Lts.	1322	115	D=2.32	A=1.50
10.000 Lts.	2644	225	D=2.32	A=2.72
<b>BIODIGESTORES</b>				
600 Lts.	159	20	D=0.86	A=1.59
1.300 Lts.	343	27	D=1.22	A=1.92
3.000 Lts.	793	168	D=2.00	A=3.10
7.000 Lts.	1849	255	D=2.36	A=3.66

Anexo 10

### Comprobación por medio de la ecuacion de Darcy- Weisbach

#### Cálculo para circuito 1

Ecuacion de Darcy-Weisbach

$$H=f (L/D) (V^2/2g)$$

El coeficiente de fricción  $f$  es función del número de Reynolds ( $Re$ ) y del coeficiente de rugosidad de las paredes de la tubería, el cual se obtiene de  $\epsilon/D$

Donde  $\epsilon$  es a 0.0015mm para el PVC y  $D$  es 25.4mm

$$0.0015\text{mm}/25.4\text{mm}=5.90\times 10^{-5}$$

Luego calculamos Reynolds, el valor de la viscosidad cinemática se tomo de la tabla c1 del libro Streeter a una temperatura de 25°C

$$Re=\varnothing V/v=((0.0254\text{m})(1.66\text{m/s}))/((0.894\times 10^{-3}\text{m}^2/\text{s}))=47005.57$$

Este valor lo introducimos en la ecuacion de Blasius para tuberías lisas

$$F=0.32/Re^{-0.25}$$

$$F=0.0217$$

Calculo de la perdida de carga en tuberías

$$H=0.0217(11.17\text{m}/0.0254\text{m})((1.66\text{m/s})^2/(2\times 9.81\text{m/s}^2))$$

$$H_f=1.34\text{m}$$

Luego calculamos las perdidas en singularidades

$$H_f= k (v^2/2g)$$

Donde los Valores  $k$  estan presentes en la tabla 6.2 del libro Streeter y el Manual de Hidráulica J.M. de Azevedo pag 211.

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

---

Codo de 90 radio corto  $0.90 \times 5 = 4.5$

Válvula de compuerta  $1.15 \times 1 = 1.15$

Válvula de bola  $10 \times 1 = 10$

Válvula de cheque  $2.5 \times 1 = 2.5$

Total  $18.15$

$$H = 18.15 (1.66 \text{ m/s})^2 / 2 \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$H = 2.54 \text{ m}$$

Carga total Dinámica

$$H_B = 2.54 + 1.34 + 4.94 = 8.82 \text{ m}$$

### Calculo del Circuito 2

En este caso los Valores de  $f, Re$  son los mismos lo único que cambia es que la longitud del sistema es mayor con  $21.54 \text{ m}$

$$H = 0.0217 (21.54 \text{ m} / 0.0254 \text{ m}) ((1.66 \text{ m/s})^2 / 2 \times 9.81)$$

$$H = 2.57 \text{ m}$$

Luego calculamos las perdidas en singularidades, lo que cambia en el sistema que le tenemos que agregar codos de radio largo los valores tambien se obtuvieron de los textos anteriores.

$$H = k(v^2 / 2g)$$

Codo de 90 radio corto  $0.90 \times 5 = 4.5$

Válvula de compuerta  $1.15 \times 1 = 1.15$

Válvula de bola  $10 \times 1 = 10$

Válvula de cheque  $2.5 \times 1 = 2.5$

---

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

---

Codo de 90 de radio largo  $0.60 \times 4 = 2.4$

Total 20.55


$h = 20.55(1.66^2/19.62)$

$h = 2.89\text{m}$

$H_B = 2.89 + 2.57 + 4.94 = 10.4\text{m}$




Flow




**Series LFM**

## Polycarbonate Flowmeter

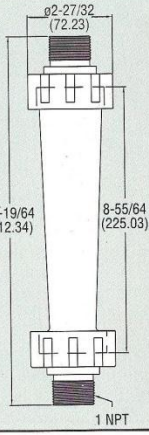
In-Line or Panel Mount Meters



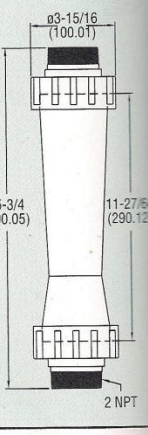
LFME



LFMF



LFME



LFMF

The **New LFM Series Flowmeters** are made of injection molded, heat and chemically resistant polycarbonate bodies and fittings. Series LFM flow meters have dual scales measuring in both GPM and LPM with 5% accuracy. A textured background on the body enhances scale readability. Standard in-line models come with 1/2" male NPT connections for LFME and 2" male NPT connections for LFMF. Panel mount installation is available with 90° elbow fittings that includes panel lock nuts. Various other fittings are available.

**SPECIFICATIONS**

**Service:** Water.

**Wetted Materials:**

- Body: Polycarbonate.
- Flange Nut: ABS.
- Float Stop: Polypropylene.
- O rings: Fluoroelastomer.
- Rod & Float: 316 SS.

**Connections:**

- Male & female NPT fittings-PA66 nylon.
- 1" male NPT 90° elbow fittings-PVC.
- 40 mm metric union fittings-PVC.
- 63 mm metric union fittings-ABS.

**Pressure Limit:** 120 psi (8.2 bar) at 68°F (20°C); 90° elbow fittings 116 psi (8 bar) at 68°F (20°C).

**Accuracy:** ±5%.

**Process Connection:** LFME: 1" male NPT. Optional 40 mm Metric Union, 1" female NPT, or 1" male NPT with 90° elbow; LFMF: 2" male NPT. Optional 63 mm Metric Union or 2" female NPT.

**Weight:** LFME: 15 oz (425.2 g), LFMF: 40 oz (1.1 kg).

**ACCESSORIES**

**LFME**

- A-564, 40 mm Metric Union Fittings-PVC
- A-570, 1" male NPT Fittings-Nylon
- A-573, 1" female NPT Fittings-Nylon
- A-578, 1" male NPT with 90° Elbow Fittings-PVC

**LFMF**


- A-565, 63 mm Metric Union Fittings-ABS
- A-571, 2" male NPT Fittings-Nylon
- A-574, 2" female NPT Fittings-Nylon

Model	Range (GPM water)	Process Connection	Float
LFME-12-F2	1.2-12 (5-50 LPM)	1" male NPT	316 SS
LFME-13-F2	2-20 (8-80 LPM)	1" male NPT	316 SS
LFME-14-F2	2.5-25 (10-100 LPM)	1" male NPT	316 SS
LFMF-15-I2	2.5-25 (10-100 LPM)	2" male NPT	316 SS
LFMF-16-I2	5-45 (20-180 LPM)	2" male NPT	316 SS
LFMF-17-I2	7-70 (25-250 LPM)	2" male NPT	316 SS

**CAUTION:** Series LFM Flowmeters are for indoor use only or areas without direct sunlight. Polycarbonate is adversely affected by ultraviolet light.

178



VISIT OUR WEBSITES: [www.dwyer-inst.com](http://www.dwyer-inst.com) • [www.dwyer-inst.co.uk](http://www.dwyer-inst.co.uk) • [www.dwyer-inst.com.au](http://www.dwyer-inst.com.au)

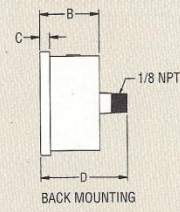


Series  
SGA

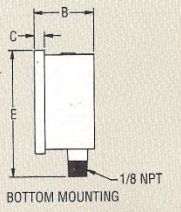
## 1.5" or 2" Industrial Pressure Gage

Brass Wetted Parts, Bottom or Back Connection

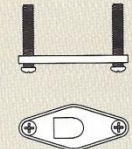





BACK MOUNTING



BOTTOM MOUNTING



U-CLAMP FOR 1.5" GAGE

Gage Size	A	B	C	D	E
1.5"	ø1-13/16 [ø46.04]	63/64 [25]	15/64 [5.95]	1-45/64 [43.26]	2-27/64 [61.52]
2"	ø2-17/64 [ø57.55]	1-5/16 [33.34]	15/64 [5.95]	2-5/16 [58.74]	3-3/32 [78.58]

**Series SGA Gages** are perfect for applications where resistance to corrosion is necessary. The stainless steel case and ring offer excellent protection from harsh processes and the gage can be easily filled in the field for vibration or pulsation applications. The SGA gages are an economical choice where ambient corrosion and vibration are a concern. Also, this line is suitable for all fluids that are compatible with brass.

#### ACCESSORY

A-296, 1.5" Gage U-Clamp

#### SPECIFICATIONS

**Service:** Compatible gases and liquids.

**Wetted Materials:** Brass.

**Housing Material:** 304 SS.

**Lens:** Plastic.

**Accuracy:** +/-1.6% Full scale.

**Pressure Limits:** Full scale range.

**Temperature Limits:** 0 to 150°F (17 to 65°C).

**Size:** 1.5" (40 mm) or 2" (50 mm).

**Process Connection:** 1/8" NPT.

**Weight:** 1.8 oz (51 g) or 4.3 oz (122 g).

Model	Size	Range	Connection	Model	Size	Range	Connection
SGA-B0221N	1.5"	0-15 psi	Lower	SGA-C0221N	2"	0-15 psi	Lower
SGA-B0321N	1.5"	0-30 psi	Lower	SGA-C0321N	2"	0-30 psi	Lower
SGA-B0421N	1.5"	0-60 psi	Lower	SGA-C0421N	2"	0-60 psi	Lower
SGA-B0521N	1.5"	0-100 psi	Lower	SGA-C0521N	2"	0-100 psi	Lower
SGA-B0621N	1.5"	0-160 psi	Lower	SGA-C0621N	2"	0-160 psi	Lower
SGA-B0721N	1.5"	0-200 psi	Lower	SGA-C0721N	2"	0-200 psi	Lower
SGA-B0821N	1.5"	0-300 psi	Lower	SGA-C0821N	2"	0-300 psi	Lower
SGA-B0921N	1.5"	0-400 psi	Lower	SGA-C0921N	2"	0-400 psi	Lower
SGA-B1021N	1.5"	0-600 psi	Lower	SGA-C1021N	2"	0-600 psi	Lower
SGA-B1121N	1.5"	0-800 psi	Lower	SGA-C1121N	2"	0-800 psi	Lower
SGA-B1221N	1.5"	0-1000 psi	Lower	SGA-C1221N	2"	0-1000 psi	Lower
SGA-B1321N	1.5"	0-1500 psi	Lower	SGA-C1321N	2"	0-1500 psi	Lower
SGA-B0241N	1.5"	0-15 psi	Back	SGA-C0241N	2"	0-15 psi	Back
SGA-B0341N	1.5"	0-30 psi	Back	SGA-C0341N	2"	0-30 psi	Back
SGA-B0441N	1.5"	0-60 psi	Back	SGA-C0441N	2"	0-60 psi	Back
SGA-B0541N	1.5"	0-100 psi	Back	SGA-C0541N	2"	0-100 psi	Back
SGA-B0641N	1.5"	0-160 psi	Back	SGA-C0641N	2"	0-160 psi	Back
SGA-B0741N	1.5"	0-200 psi	Back	SGA-C0741N	2"	0-200 psi	Back
SGA-B0841N	1.5"	0-300 psi	Back	SGA-C0841N	2"	0-300 psi	Back
SGA-B0941N	1.5"	0-400 psi	Back	SGA-C0941N	2"	0-400 psi	Back
SGA-B1041N	1.5"	0-600 psi	Back	SGA-C1041N	2"	0-600 psi	Back
SGA-B1141N	1.5"	0-800 psi	Back	SGA-C1141N	2"	0-800 psi	Back
SGA-B1241N	1.5"	0-1000 psi	Back	SGA-C1241N	2"	0-1000 psi	Back
SGA-B1341N	1.5"	0-1500 psi	Back	SGA-C1341N	2"	0-1500 psi	Back

CALL TO ORDER: U.S. Phone 219 879-8000 • U.K. Phone (+44) (0)1494-461707 • Asia Pacific Phone 61 2 4272-2055

71

## Anexo 13

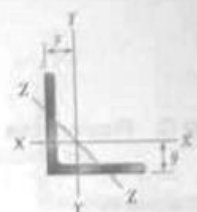


# Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

Propiedades de perfiles laminados de acero 759

Apéndice C. Propiedades de perfiles laminados de acero  
(Unidades SI)

Ángulos  
Piernas iguales



Tamaño y espesor, mm	Masa por metros, kg/m	Área, mm <sup>2</sup>	Eje X-X y eje Y-Y				Eje Z-Z r, mm
			I 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	S 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	r mm	x o y mm	
L203 × 203 × 25.4	75.9	9 670	36.9	258	61.8	60.0	39.7
19.0	57.9	7 350	28.9	199	62.7	57.8	40.0
12.7	39.3	4 990	20.2	137	63.6	55.5	40.4
L152 × 152 × 25.4	55.7	7 080	14.6	139	45.4	47.2	29.5
19.0	42.7	5 420	11.6	108	46.3	44.9	29.7
15.9	36.0	4 580	10.0	92.5	46.7	43.9	29.9
12.7	29.2	3 700	8.22	75.2	47.1	42.7	30.0
9.5	22.2	2 800	6.34	57.4	47.6	41.5	30.2
L127 × 127 × 19.0	35.1	4 470	6.54	74.0	38.3	38.6	24.7
15.9	29.8	3 790	5.66	63.2	38.6	37.5	24.8
12.7	24.1	3 060	4.68	51.7	39.1	36.5	25.0
9.5	18.3	2 320	3.63	39.6	39.6	35.3	25.1
L102 × 102 × 19.0	27.5	3 520	3.23	46.3	30.3	32.3	19.9
15.9	23.4	2 990	2.81	39.7	30.7	31.3	19.9
12.7	19.0	2 430	2.34	32.6	31.0	30.2	19.9
9.5	14.6	1 850	1.83	25.1	31.5	29.0	20.0
6.4	9.8	1 260	1.29	17.4	32.0	28.0	20.3
L89 × 89 × 12.7	16.5	2 100	1.52	24.5	26.9	26.9	17.4
9.5	12.6	1 600	1.19	18.8	27.3	25.8	17.4
6.4	8.6	1 100	0.845	13.1	27.7	24.6	17.6
L76 × 76 × 12.7	14.0	1 770	0.915	17.5	22.7	23.6	14.8
9.5	10.7	1 350	0.725	13.6	23.2	22.5	14.9
6.4	7.3	932	0.517	9.50	23.6	21.4	15.0
L64 × 64 × 12.7	11.4	1 460	0.524	12.1	18.9	20.6	12.5
9.5	8.7	1 130	0.419	9.40	19.3	19.4	12.5
6.4	6.1	778	0.302	6.62	19.7	18.4	12.6
4.8	4.6	591	0.235	5.09	19.9	17.8	12.7
L51 × 51 × 9.5	7.0	879	0.202	5.80	15.2	16.2	9.95
6.4	4.7	612	0.147	4.09	15.5	15.1	9.94
3.2	2.4	316	0.0806	2.17	16.0	13.9	10.1

Anexo 14

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

Apéndice B. Propiedades típicas de materiales seleccionados usados en ingeniería <sup>1,2</sup>									
(Unidades SI)									
Material	Densidad, kg/m <sup>3</sup>	Resistencia última			Fluencia <sup>3</sup>		Módulo de elasticidad, GPa	Módulo de rigidez, GPa	Coeficiente de expansión térmica, 10 <sup>-6</sup> /°C
		Tensión, MPa	Compresión, MPa	Corriente, MPa	Tensión, MPa	Corriente, MPa			
<b>Acero</b>									
Estructural (ASTM-A36)	7 860	400			250	145	200	77.2	11.7
Alta resistencia-aleación baja									
ASTM-A709 Grado 345	7 860	450			345		200	77.2	11.7
ASTM-A913 Grado 450	7 860	550			450		200	77.2	11.7
ASTM-A992 Grado 345	7 860	450			345		200	77.2	11.7
Templado									
ASTM-A709 Grado 690	7 860	760			690		200	77.2	11.7
Inoxidable, AISI 302									
Laminado en frío	7 920	860			520		190	75	17.3
Recocido	7 920	655			260	150	190	75	17.3
Acero de refuerzo									
Resistencia media	7 860	480			275		200	77	11.7
Alta resistencia	7 860	620			415		200	77	11.7
<b>Fundición</b>									
Fundición gris									
4.5% C, ASTM A-48	7 200	170	655	240			69	28	12.1
Hierro fundido									
2% C, 1% Si, ASTM A-47	7 300	345	620	330	230		165	65	12.1
<b>Aluminio</b>									
Aleación 1100-H14									
(99% Al)	2 710	110		70	95	55	70	26	23.6
Aleación 2014-T6	2 800	455		275	400	230	75	27	23.0
Aleación 2024-T4	2 800	470		280	325		73		23.2
Aleación 5456-H116	2 630	315		185	230	130	72		23.9
Aleación 6061-T6	2 710	260		165	240	140	70	26	23.6
Aleación 7075-T6	2 800	570		330	500		72	28	23.6
<b>Cobre</b>									
Libre de oxígeno									
(99.9% Cu)	8 910	220		150	70		120	44	16.9
Recocido	8 910	390		200	265		120	44	16.9
Endurecido									
<b>Latón amarillo</b>									
(65% Cu, 35% Zn)									
Laminado en frío	8 470	510		300	410	250	105	39	20.9
Recocido	8 470	320		220	100	60	105	39	20.9
<b>Latón rojo</b>									
(85% Cu, 15% Zn)									
Laminado en frío	8 740	585		320	435		120	44	18.7
Recocido	8 740	270		210	70		120	44	18.7
<b>Estaino bronce</b>									
(88 Cu, 8 Sn, 4 Zn)	8 800	310			145		95		18.0
<b>Manganeso bronce</b>									
(63 Cu, 25 Zn, 6 Al, 3 Mn, 3 Fe)	8 360	655			330		105		21.6
<b>Aluminio bronce</b>									
(81 Cu, 4 Ni, 4 Fe, 11 Al)	8 330	620	900		275		110	42	16.2

(La tabla continúa en la página 749)

### Anexo 15

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

### GRICON 29

#### NORMA

AWS/ASME SFA- 5.1  
COVENIN: No.1477- 2001  
POSICIONES: Todas  
CORRIENTE: Continua Polo Positivo (+)

#### CLASIFICACIÓN

E 6010  
E 41410

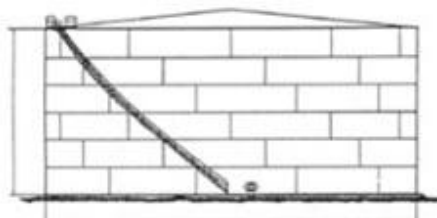
**DESCRIPCIÓN:** Electrodo de revestimiento celulósico que genera alta energía en el arco, lo cual asegura una profunda penetración en todas las posiciones, facilitando el trabajo en montajes donde las condiciones de soldadura no son ideales, tal como la preparación defectuosa de las juntas. Sus depósitos están libres de poros e inclusiones de escoria, lo cual proporciona seguridad en la inspección radiográfica. Presenta arco estable con moderada densidad de salpicaduras, de fácil encendido y reencendido.

**APLICACIONES:** Adecuado para los cordones de raíz en estructuras, tanques, soldaduras de planchas pesadas y láminas gruesas, como las usadas en la industria naval, fabricación de recipientes y principalmente para la soldadura en campo de varios tipos de tuberías tales como API 5LX Gr. X42, X46, X52, X56, y ASTM: A53 Gr. A, B; A105; A106 Gr. A, B; A134; A 135 Gr. A,B; A 139 Gr. A, B, C y D, y sus similares. Combinando pase de raíz con GRICON 29 mas relleno con GRICON 15 se obtienen depósitos de alta ductilidad y resistencia tensil con calidad radiográfica asegurada, como exige el Código API.

**OPERACIÓN:** La potencia del arco permite la soldadura en vertical descendente, a mayor velocidad, mejorando la productividad del proceso. Para soldadura en vertical ascendente disminuya la corriente. En vertical descendente aplique la técnica de arrastre, manteniendo el electrodo dentro del bisel, de forma que origine una perforación que sigue con el avance del electrodo.

#### VALORES TÍPICOS:

Composición química: C: 0,10% Mn: 0,60% Si: 0,30%  
Resistencia a la tracción: (510 - 580) N/mm<sup>2</sup> (72,86 - 84,36) ksi  
Límite elástico: (430 - 490) N/mm<sup>2</sup> (60 - 70) ksi  
Alargamiento (L= 5 d) : (24 - 28)%  
Resistencia al impacto: (40 - 60) N.m a -30°C



Diámetro (mm)	Diámetro (pulg)	Longitud (mm)	Intensidad (amp)	Peso Paq. (kg)
2,50	3/32	350	50-80	10
3,25	1/8	350	75-120	10
4,00	5/32	350	110-160	10
5,00	3/16	350	140-200	10



## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

### GRICON 33

#### NORMA

AWS/ ASME: SFA - 5.1  
COVENIN: No. 1477 - 2001  
POSICIONES: Todas  
CORRIENTE: Alterna o Continua, Polo Negativo (-)

#### CLASIFICACIÓN

E 6013  
E 41413

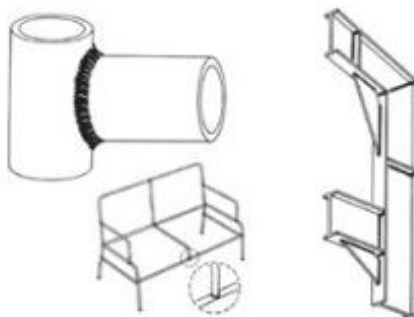
**DESCRIPCIÓN:** Electrodo de revestimiento rutílico que presenta arco estable de muy fácil encendido y reencendido. Penetración mediana con cordones convexos de muy buena apariencia, con muy baja salpicadura y escoria autodesprendible.

**APLICACIONES:** Electrodo de amplia aplicación en soldadura de aceros de bajo carbono no aleados, de uso corriente en carpintería metálica: fabricación de muebles, ductos de ventilación, rejas, puertas. Ensamblaje de carrocerías, construcción de vagones, tanques. Soldadura de estructuras livianas en perfiles angulares y rectangulares, cerchas para techos, construcciones navales y reparación de equipos agrícolas.

**OPERACIÓN:** Permite la ejecución de soldadura en todas las posiciones, destacándose su desempeño en posición vertical descendente. Se recomienda utilizar los amperajes indicados para cada diámetro, en posiciones plana y horizontal usar amperajes medios, en posición vertical ascendente disminúyase el amperaje y en vertical descendente pueden usarse amperajes altos. Límpiese bien la escoria entre pases.

#### VALORES TÍPICOS:


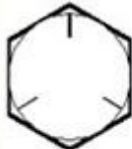


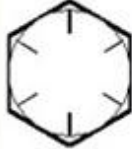

Composición química: C: 0,10% Mn: (0,50 - 0,80) % Si: 0,30 %  
Resistencia a la tracción: (510 - 560) N/mm<sup>2</sup> (72,86 - 81,45) ksi  
Límite elástico: (420 - 480) N/mm<sup>2</sup> (58,60 - 66,98) ksi  
Alargamiento (L = 5d): (23 - 27) %  
Resistencia al impacto: No requerida por AWS



Diámetro (mm)	Diámetro (pulg)	Longitud (mm)	Intensidad (amp)	Peso Paq. (kg)
2,50	3/32	350	60-90	10
3,25	1/8	350	90-130	10
4,00	5/32	350	120-170	10
5,00	3/16	350	170-240	10

Anexo 17

## Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

Marcado de pernos de acero grado SAE					
Número de grado SAE	Rango del diámetro [inch]	Carga de prueba [kpsi]	Esfuerzo de ruptura [kpsi]	Material	Marcado de la cabeza
1 2	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$ $\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$ $\frac{7}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	55 33	74 60	Acero de bajo carbono ó acero al carbono	
5	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85 74	120 105	Acero al carbono, Templado y Revenido	
5.2	$\frac{1}{4}$ - 1	85	120	Acero de bajo carbono martensítico, Templado y Revenido	
7	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	105	133	Acero al carbono aleado, Templado y Revenido	
8	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	Acero al carbono aleado, Templado y Revenido	
8.2	$\frac{1}{4}$ - 1	120	150	Acero de bajo carbono martensítico, Templado y Revenido	

### Anexo 18

## Datos técnicos



### 3477UOT100P62

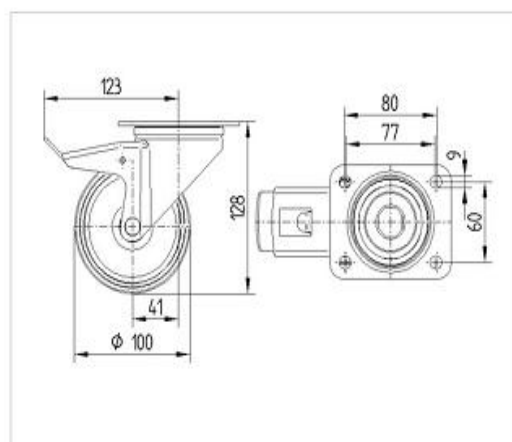
EAN 4031582336924

Rueda giratoria con freno total, trasero, Soporte de acero prensado, zincadas, rodamiento giratorio de dos hileras de bolas, eje de rueda atornillado, Placa protectora del rodamiento giratorio. Rueda con reducción de ruidos, centro de poliamida con elemento silenciador de espuma de poliuretano con antihilos azules y cojinete de bolas a precisión, pletina de fijación



#### Datos técnicos

Diámetro de la rueda	100 mm
Ancho de la rueda	36 mm
Medida de pletina	105 x 85 mm
Distancia de agujeros	80/77 x 60 mm
Diámetro de agujero	9 mm
Desplazamiento	41 mm
Diám.d. radio giratorio	246 mm
Altura total	128 mm
Temperatura	- 40 / + 80 °C
Norma	EN 12532
Peso de la rueda	1.079 kg
Capacidad de carga	200 kg
Cap. de carga estática	400 kg
Radio giratorio	123 mm
Dureza del bandaje	D 65 Shore



Resistencia a la rodadura	+	+	+	+	+
Ruido de movimiento	+	+	+	+	+
Desgaste	+	+	+	+	+
Protección contra el óxido	+	+	+	+	+

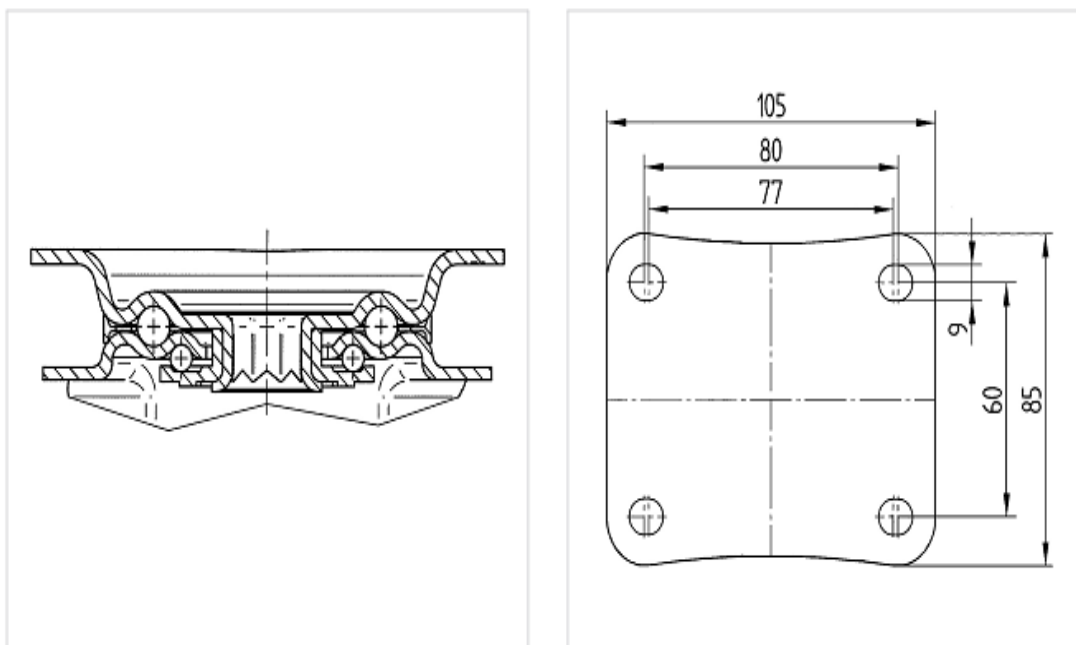


## Datos técnicos



**3477UOT100P62**

EAN 4031582336924



Anexo 20

# Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

## 3-10 Centros de Carga e Interruptores de Circuito Centros de Carga e Interruptores de Circuito de Tipo CH

**EATON** | Cutler-Hammer

Selección de Productos

Abril 2008

Vol. 1, No. de Ref. 100281

2 Circuitos 40 Amperes y 70

4 y 8 Circuitos 125 Amperes

2 Circuitos 125 Amperes

3



Superficie



Empotrado



Superficie  
Sin Puerta



Empotrado  
Sin Puerta



Superficie



Empotrado



Para Exteriores



Para Exteriores



Para Exteriores

### Centros de Carga con Zapatas Principales — Monofásicos

Tabla 3-6. Neutro Aislado/Conectable Monofásico, 3 Hilos — 120/240V CA

Amperaje Principal	Número Máximo 3/4 pulgada (19.1 mm)		Tipo de Gabinete	Tipo de Puerta (Incluido)	Tamaño de Caja	Rango de Tamaños de Hilo Cu/Al 60°C ó 75°C para Zapatas Principales	Número de Catálogo de Centros de Carga
	Espacio	Polos					
40	2	4 <sup>1</sup>	Interiores	Superficie Sin Puerta	5	#14 – 6	CH2L40SP <sup>2,3</sup>
	2	4 <sup>1</sup>	Exteriores	—	5R		CH2L40RP <sup>2,3,4</sup>
	2	4 <sup>1</sup>	Interiores	Empotrado Sin Puerta	5		CH2L40FP <sup>2,3</sup>
70	2	4 <sup>1</sup>	Interiores	Superficie Sin Puerta	5	#14 – 2	CH2L70SP <sup>2,3</sup>
	2	4 <sup>1</sup>	Exteriores	—	5R		CH2L70RP <sup>2,3,4</sup>
	2	4 <sup>1</sup>	Interiores	Empotrado Sin Puerta	5		CH2L70FP <sup>2,3</sup>
125	2	4 <sup>1</sup>	Interiores	Superficie Sin Puerta	6	#14 – 1/0	CH2L125SP <sup>2,3</sup>
	2	4 <sup>1</sup>	Exteriores	—	6R		CH2L125RP <sup>2,3,4</sup>
	2	4 <sup>1</sup>	Exteriores	—	—		CH2L125RSE2P <sup>1,5,6</sup>
	2	4 <sup>1</sup>	Interiores	Empotrado Sin Puerta	6		CH2L125FP <sup>2,3</sup>
	4	8 <sup>1</sup>	Interiores	Superficie Sin Puerta	7	#14 – 1/0	CH4L125SP <sup>2,7</sup>
	4	8 <sup>1</sup>	Exteriores	—	7R		CH4L125RP <sup>2,4,7</sup>
	4	8 <sup>1</sup>	Interiores	Empotrado Sin Puerta	7		CH4L125FP <sup>2,7</sup>
	8	16 <sup>1</sup>	Interiores	Superficie Sin Puerta	7	#6 – 1/0	CH8L125SP <sup>2,8</sup>
	8	16 <sup>1</sup>	Exteriores	—	7R		CH8L125RP <sup>2,6,7</sup>
	8	16 <sup>1</sup>	Interiores	Empotrado Sin Puerta	7		CH8L125FP <sup>2,8</sup>

<sup>1</sup> Requiere del uso de interruptores de Tipo CHNT.

<sup>2</sup> Kits de barra de conexión a tierra cotizados separadamente, véase [Página 3-20](#).

— Para centros de carga de 2/4 circuitos utilice barra de conexión a tierra de Tipo GBK5 ó GBK520.

— Para centros de carga de 4/8 y 8/16 circuitos, utilice barra de conexión a tierra de Tipo GBK10.

— Montaje de barras de conexión a tierra en la pared izquierda del gabinete para los centros de carga de 4/8 y 8/16 circuitos.

<sup>3</sup> Adecuado para su uso como equipo para acometidas, no se proporcionan más que dos interruptores de acometida o cuando no se utiliza como tablero para alumbrado y dispositivos (véase Artículo 384-14 de NEC).

<sup>4</sup> Paneles a prueba de lluvia se suministran con placas de cierre de receptáculos atornillados. Para receptáculos atornillados a prueba de lluvia, véase [Página 3-20](#).

<sup>5</sup> Para su uso solamente como aplicaciones en acometidas.

<sup>6</sup> Oficios de Neutro/Tierra (6) #14 – 6 y (3) #14 – 2/0 AWG Cu/Al.

<sup>7</sup> Adecuado para su uso como equipo de servicio cuando no se proporcionan más que dos interruptores de acometida o bien cuando no se proporcionan más que seis interruptores.

## Anexo 21

# Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

**EATON** | Cutler-Hammer

**Centros de Carga e Interruptores de Circuito**  
**Centros de Carga e Interruptores de Circuito Tipo BR**

Abril 2008

Vol. 1, No. de Ref. [0071]

Selección de Productos de Interruptor de Circuito

**Interruptores de Circuito Enchufables, Tipos BR**

**10,000/22,000/42,000 Amperes**

**Capacidad Interruptiva 120V CA, 120/240V CA y 240V CA**



BR120



BR215



BR320

**Tabla 3-93. Interruptores de Tipo BR, 1 pulgada (25.4 mm) por Polo 120/240, 10,000, 22,000 y 42,000 AIC**

Amperaje Nominal	Rango de Tamaños de cable Cu/Al 60°C ó 75°C	1 Polo 120/240V CA Requiere un Espacio de 1 pulgada (25.4 mm)		2 Polos 120/240V CA Disparo Común Requiere de Dos Espacios de 1 pulgada (25.4 mm)		
		10 por Caja		5 por Caja		
		10 kAIC	22 kAIC	10 kA IC	22 kAIC	42 kAIC
		Número de Catálogo	Número de Catálogo	Número de Catálogo	Número de Catálogo	Número de Catálogo
10	#14 - 4	BR110	—	BR210	—	—
15		BR115 <sup>1,2</sup>	BRH115	BR215 <sup>3</sup>	BRH215	—
20		BR120 <sup>1,2</sup>	BRH120	BR220 <sup>3</sup>	BRH220	—
25		BR125	BRH125	BR225 <sup>3</sup>	BRH225	—
30		BR130	BRH130	BR230 <sup>3</sup>	BRH230	—
35	#14 - 4	BR135	BRH135	BR235 <sup>3</sup>	BRH235	—
40		BR140	BRH140	BR240 <sup>3</sup>	BRH240 <sup>3</sup>	—
45		—	BRH145	BR245 <sup>3</sup>	BRH245	—
50		BR150	BRH150	BR250 <sup>3</sup>	BRH250 <sup>3</sup>	—
55	#14 - 3	BR150	BRH155	BR255	BRH255	—
60	#4 - 1/0	BR160	BRH160	BR260	BRH260	BRHH260
70		BR170	BRH170	BR270	BRH270	BRHH270
80		—	—	BR280	BRH280	BRHH280
90		—	—	BR290	BRH290	BRHH290
100		—	—	BR2100	BRH2100	BRHH2100
110		—	—	BR2110	BRH2110	BRHH2110
125	#4 - 2/0	—	—	BR2125	BRH2125	BRHH2125
150		—	—	BR2150 <sup>4</sup>	—	—

<sup>1</sup> Un polo, 1 pulgada (25.4 mm) por polo interruptores de circuito están disponibles con alto ajuste magnético para interrumpir grandes cargas de lámpara de tungsteno. Agregue el sufijo H al número de catálogo.

<sup>2</sup> Trabajo de Interrupción especificada.

<sup>3</sup> En el interruptor de manija negro, agregue el sufijo "B" al número de catálogo y \$4.00 al precio de lista para obtener una abertura moldeada derivada para uso con kits de anclaje.

<sup>4</sup> Para uso como interruptor de circuito derivado en paneles de 400 y 600 amperes solamente.

**Nota** Todos los interruptores de Circuito de 1 polo, 2 polos y 3 polos Tipo BR son adecuados para aplicación HACR.

Anexo 22

# Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

## Interruptores automáticos 3RV1 para protección de motor · hasta 25 A

SIRIUS 3R

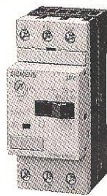


### Datos para selección y pedidos

#### Conexión por tornillo

Los contactos auxiliares se piden por separado según tabla página 2/9

Intensidad asignada	Apropiado para motores trifásicos <sup>1)</sup>	Gama de regulación	Disparadores de sobrecarga térmicos	Disparadores de sobrecarga de sobrecarga sin retardo	Poder de corte en cortocircuito con AC 400 V	Interruptores automáticos 3RV10 .1	Peso aprox. kg
$I_n$	$P_n$				$I_{cu}$	Capacidad de conexión estándar: 100/50 kA con AC 400 V	
A	kW	A	A	kA		Referencia	
						Tipo preferente	
<b>Clase 10, Tamaño S00</b>							
0,16		0,11 – 0,16	1,9	100		3RV10 11-0AA1.	0,21
0,2		0,14 – 0,2	2,4	100		3RV10 11-0BA1.	
0,25	0,06	0,18 – 0,25	3	100		3RV10 11-0CA1.	
0,32	0,09	0,22 – 0,32	3,8	100		3RV10 11-0DA1.	
0,4		0,28 – 0,4	4,8	100		3RV10 11-0EA1.	
0,5	0,12	0,35 – 0,5	6	100		3RV10 11-0FA1.	
0,63	0,18	0,45 – 0,63	7,6	100		3RV10 11-0GA1.	
0,8		0,55 – 0,8	9,6	100		3RV10 11-0HA1.	
1	0,25	0,7 – 1	12	100		3RV10 11-0JA1.	
1,25	0,37	0,9 – 1,25	15	100		3RV10 11-0KA1.	
1,6	0,55	1,1 – 1,6	19	100		3RV10 11-1AA1.	
2	0,75	1,4 – 2	24	100		3RV10 11-1BA1.	
2,5		1,8 – 2,5	30	100		3RV10 11-1CA1.	
3,2	1,1	2,2 – 3,2	38	100		3RV10 11-1DA1.	
4	1,5	2,8 – 4	48	100		3RV10 11-1EA1.	
5		3,5 – 5	60	100		3RV10 11-1FA1.	
6,3	2,2	4,5 – 6,3	76	100		3RV10 11-1GA1.	
8	3	5,5 – 8	96	50		3RV10 11-1HA1.	
10	4	7 – 10	120	50		3RV10 11-1JA1.	
12	5,5	9 – 12	144	50		3RV10 11-1KA1.	



#### Clase 10, Tamaño S0

0,16		0,11 – 0,16	1,9	100		3RV10 21-0AA1.	0,32
0,2		0,14 – 0,2	2,4	100		3RV10 21-0BA1.	
0,25	0,06	0,18 – 0,25	3	100		3RV10 21-0CA1.	
0,32	0,09	0,22 – 0,32	3,8	100		3RV10 21-0DA1.	
0,4		0,28 – 0,4	4,8	100		3RV10 21-0EA1.	
0,5	0,12	0,35 – 0,5	6	100		3RV10 21-0FA1.	
0,63	0,18	0,45 – 0,63	7,6	100		3RV10 21-0GA1.	
0,8		0,55 – 0,8	9,6	100		3RV10 21-0HA1.	
1	0,25	0,7 – 1	12	100		3RV10 21-0JA1.	
1,25	0,37	0,9 – 1,25	15	100		3RV10 21-0KA1.	
1,6	0,55	1,1 – 1,6	19	100		3RV10 21-1AA1.	
2	0,75	1,4 – 2	24	100		3RV10 21-1BA1.	
2,5		1,8 – 2,5	30	100		3RV10 21-1CA1.	
3,2	1,1	2,2 – 3,2	38	100		3RV10 21-1DA1.	
4	1,5	2,8 – 4	48	100		3RV10 21-1EA1.	
5		3,5 – 5	60	100		3RV10 21-1FA1.	
6,3	2,2	4,5 – 6,3	76	100		3RV10 21-1GA1.	
8	3	5,5 – 8	96	100		3RV10 21-1HA1.	
10	4	7 – 10	120	100		3RV10 21-1JA1.	
12,5	5,5	9 – 12,5	150	100		3RV10 21-1KA1.	
16	7,5	11 – 16	192	50		3RV10 21-4AA1.	
20		14 – 20	240	50		3RV10 21-4BA1.	
22		17 – 22	264	50		3RV10 21-4CA1.	
25	11	20 – 25	300	50		3RV10 21-4DA1.	



Ampliación de la referencia para contacto auxiliar transversal

sin 0  
1 NA + 1 NC 5

Contacto auxiliar transversal 3RV19 01-1E 0,02  
1 NA + 1 NC unitario

## Anexo 23



# Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

## Cajas de pulsadores y lámparas de señalización SIGNUM 3SB38

○ Ejecución redonda, 22 mm

Aparatos con equipamiento estándar  
Datos para selección y pedidos

1 a 3 puestos de mando,  
tensión UC 400 V, tipo de fijación  
vertical, con aros frontales de  
material aislante.

Los elementos de acciona-  
miento/señalizadores se fijan  
mediante una tuerca encapsu-  
lada. Ésta se puede desmontar  
en caso necesario con una llave  
de 27 mm para tuercas o aros  
3SX17 07.

Con elementos de conexión  
para fijación en base (abrocha-  
bles en la parte inferior de la  
caja).

Equipamiento (A, B, C = letras indicativas de los puestos de mando elementos de mando)	Grado de protección	Elementos de conex. )	Nº de puestos de mando	Referencia	Peso aprox. kg	Unidad de emb. unidad
<b>Entrada de conductores por arriba y abajo 1 x Pg 16</b>						
A = Pulsador verde, placa "I"	IP 65	1 NA	1	3SB38 01-ODA	0,17	1
A = Pulsador blanco, placa "I"	IP 65	1 NA	1	3SB38 01-ODD	0,17	1
A = Pulsador rojo, placa "O"	IP 65	1 NC	1	3SB38 01-ODB	0,17	1
A = Pulsador negro, placa "O"	IP 65	1 NC	1	3SB38 01-ODE	0,17	1
A = Pulsador de seta de parada de EMERGENCIA, Ø 40 mm, con encla- vamiento mecánico según EN 418, parte superior amarillo	IP 65	1 NC	1	3SB38 01-ODG	0,19	1
A = Pulsador de seta de parada de EMERGENCIA, Ø 40 mm, con encla- vamiento mecánico según EN 418, parte superior amarillo, con visera de protección	IP 65	1 NC	1	3SB38 01-ODF	0,22	1
B = Pulsador verde, placa "I" A = Pulsador rojo, placa "O"	IP 65	1 NA 1 NC	2	3SB38 02-ODA	0,23	1
B = Pulsador blanco, placa "I" A = Pulsador negro, placa "O"	IP 65	1 NA 1 NC	2	3SB38 02-ODB	0,23	1
C = Lámpara de señalización transp., placa sin inscripción B = Pulsador verde, placa "I" A = Pulsador rojo, placa "O"	IP 65	BA 9s 1 NA 1 NC	3	3SB38 03-ODA	0,35	1
C = Lámpara de señalización transp., placa sin inscripción B = Pulsador blanco, placa "I" A = Pulsador negro, placa "O"	IP 65	BA 9s 1 NA 1 NC	3	3SB38 03-ODC	0,35	1
C = Pulsador negro, placa "II" B = Pulsador negro, placa "I" A = Pulsador rojo, placa "O"	IP 65	1 NA 1 NA 1 NC	3	3SB38 03-ODB	0,35	1

Anexo 24

Tensión nominal: **300/500 V**

Norma básica: **UNE 21031-5**

Designación genérica:  
**H03VV-F**  
**A05VV-F**  
**H05VV-F**

## CARACTERÍSTICAS CABLE



Cable flexible



No propagación de la llama  
UNE EN 50265-2-1



Resistencia a la absorción de agua

- Norma constructiva: UNE 21031-5 ; HD 21.5 S3 ; CEI 60227-5.
- Temperatura de servicio (instalación fija): -25 °C, +70 °C. (Cable termoplástico).
- Tensión nominal de servicio: hasta 0,75 mm<sup>2</sup> -> 300/300V, desde 1 mm<sup>2</sup> -> 300/500 V.
- Ensayo de tensión en c.a. durante 5 minutos: 1500 V en los cables de 300 V y de 2000 V en los cables de 500 V.

### Ensayo de fuego:

- No propagación de la llama: UNE EN 50265-2-1.

## DESCRIPCIÓN

### CONDUCTOR

**Metal:** Cobre electrolítico recocido.

**Flexibilidad:** Flexible, clase 5, según UNE 21022.

**Temperatura máxima en el conductor:** 70 °C en servicio permanente, 160 °C en cortocircuito.

### AISLAMIENTO

**Material:** Mezcla de policloruro de vinilo (PVC), tipo T12.

**Colores:** Amarillo/verde, azul, gris, marrón y negro; según UNE 21089-1.  
(Ver tabla de colores según número de conductores).

### CUBIERTA

**Material:** Mezcla de policloruro de vinilo (PVC), tipo TM2.

**Color:** Blanco.



## APLICACIONES

- En locales domésticos, cocinas, oficinas para la alimentación de aparatos domésticos, inclusive los que estén en locales húmedos.
- Para esfuerzos mecánicos pequeños, los cablecillos del tipo H03W-F (aparatos portátiles ligeros).
- Para esfuerzos mecánicos medios, los del tipo H05VV-F (lavadoras, refrigeradores, microondas, etc.).
- Inadecuado para su utilización a la intemperie o en talleres o locales no domésticos (Ver Flextrene).
- Provisionales y temporales de obras (sólo interiores) (ITC-BT 33).
- Alimentación de aparatos domésticos (lavadoras, frigoríficos...) (ITC-BT 43).
- Instalaciones en muebles (ITC-BT 49).
- Prolongadores y alargos de interior para uso doméstico (UNE 21176).

# Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

Tensión nominal: <b>300/500 V</b>	Norma técnica: <b>UNE 21031-5</b>	Designación genérica: <b>H03VV-F A05VV-F H05VV-F</b>
-----------------------------------	-----------------------------------	--

## DIMENSIONES, PESOS Y RESISTENCIAS (aproximados)

Sección nominal mm²	Espesor de aislamiento mm	Espesor cubierta mm	Diámetro exterior mínimo mm	Diámetro exterior máximo mm	Resistencia del conductor a 20 °C Ω/km
<b>H05VV-F</b>					
2 x 0.5	0.5	0.6	4.6	5.9	39
2 x 0.75	0.6	0.8	5.7	7.2	26.5
2 x 1	0.6	0.8	5.9	7.5	19.5
2 x 1.5	0.7	0.8	6.8	8.6	13.3
2 x 2.5	0.8	1	8.4	10.6	7.98
2 x 4	0.8	1.1	9.7	12.1	4.95
2 x 6	0.8	1.2	10.8	13.5	3.3
3 x 0.75	0.6	0.8	6	7.6	26.5
3 x 1	0.6	0.8	6.3	8	19.5
3 x 1.5	0.7	0.9	7.4	9.4	13.3
3 x 2.5	0.8	1.1	9.2	11.4	7.98
3 x 4	0.8	1.2	10.5	13.1	4.95
3 x 6	0.8	1.4	11.9	14.8	3.3
4 x 0.75	0.6	0.8	6.6	8.3	26.5
4 x 1	0.6	0.9	7.1	9	19.5
4 x 1.5	0.7	1	8.4	10.5	13.3
4 x 2.5	0.8	1.1	10.1	12.5	7.98
4 x 4	0.8	1.4	11.5	14.3	4.95
4 x 6	0.8	1.4	13.1	16.2	3.3
5 x 0.75	0.6	0.9	7.4	9.3	26.5
5 x 1	0.6	0.9	7.8	9.8	19.5
5 x 1.5	0.7	1.1	9.3	11.6	13.3
5 x 2.5	0.8	1.2	11.2	13.9	7.98
5 x 4	0.8	1.4	13	16.1	4.95
5 x 6	0.8	1.4	14.3	17.7	3.3

## CÁLCULOS

### INTENSIDADES ADMISIBLES PARA SERVICIOS NO FIJOS

Sección del conductor (mm²)	Intensidad máxima (A)	
	Dos conductores cargados	Tres conductores cargados
0,5	2,46	2,46
0,75	4,92	4,92
1	8,20	8,20
1,5	13,12	13,12
2,5	20,50	16,40
4	26,24	20,50

Anexo 26

# Diseño de un Entrenador de Bomba Centrífuga

## Anexo 27

<b>TABLA 4</b> <b>INTENSIDAD DE CORRIENTE ADMISIBLE PARA CONDUCTORES DE COBRE</b> <b>(Secciones AWG)</b>								
AISLADOS		TEMPERATURA DE SERVICIO:						
		60°			75°			90°C
SECCION	SECCION	GRUPO A			GRUPO B			DESNUDO
		TEMPERATURA DE SERVICIO			TEMPERATURA DE SERVICIO			
Nominal (mm) <sup>2</sup>	AWG	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
0,32	22	3	3					
0,51	20	5	5					
0,82	18	7.5	7.5					
1,31	16	10	10					
2,08	14	15	15	25	20	20	30	
3,31	12	20	20	30	25	25	40	
5,26	10	30	30	40	40	40	55	
8,36	8	40	45	50	55	65	70	90
13,30	6	55	65	70	80	95	100	130
21,15	4	70	85	90	105	125	135	150
26,67	3	80	100	105	120	145	155	200
33,62	2	95	115	120	140	170	180	230
42,41	1	110	130	140	165	195	210	270
53,49	1/0	125	150	155	195	230	245	310
67,42	2/0	145	175	185	225	265	285	360
85,01	3/0	165	200	210	260	310	330	420
107,2	4/0	195	230	235	300	360	385	490
127	250 MCM	215	255	270	340	405	425	540
152,0	300 MCM	240	285	300	375	445	480	610
177,3	350 MCM	260	310	325	420	505	530	670
202,7	400 MCM	280	355	360	455	545	575	730
253,4	500 MCM	320	380	405	515	620	660	840
304	600 MCM	355	420	455	475	690	740	
354,7	700 MCM	385	460		630	755		
380	750 MCM	400	475	500	655	785	845	
405,4	800 MCM	410	490		680	815		
456	900 MCM	435	520		730	870		
506,7	1000 MCM	455	545	585	780	925	1000	
633,4	1250 MCM	495	590		890	1065		
760,1	1500 MCM	520	625		980	1175		
886,7	1750 MCM	545	650		1070	1280		
1013	2000 MCM	560	665		1155	1385		



## **Reglamento de la Ley de Equidad Fiscal y sus Reformas** **Gacetas N° 109 y 110 DEL 12 y 13 de Junio del 2003 y Reformas**

---

### **CAPITULO III**

#### **Depreciación y determinación**

**Arto. 57. Cuotas de depreciación y amortización.** Para la aplicación del artículo 19 de la Ley, se establece:

Las cuotas anuales a deducir de la renta bruta como reserva por depreciación basadas en el método de línea recta - costo o precio de adquisición entre la vida útil del bien, serán determinadas así:

1) Para edificios:

- a) Industriales, 10% (diez por ciento);
- b) Comerciales, 5% (cinco por ciento);
- c) Residencia del propietario cuando esté ubicado en finca destinada a explotación agropecuaria, 10% (diez por ciento);
- d) Instalaciones fijas en explotaciones agropecuarias, 10% (diez por ciento);
- e) Para los edificios de alquiler, 3% (tres por ciento) sobre su valor catastral;

2) Equipo de transporte:

- a) Colectivo o de carga, 20% (veinte por ciento);
- b) Otros, 12.5% (doce punto cinco por ciento);

3) Maquinaria y equipo:

**a) Industriales en general**

- i. Fija en un bien inmóvil, 10% (diez por ciento);
- ii. No adherido permanentemente a la planta, 15% (quince por ciento);
- iii. Otros, 20% (veinte por ciento)

b) Equipo empresas agroindustriales, 20% (veinte por ciento);

c) Agrícolas, 20% (veinte por ciento);

d) Otros bienes muebles:

- i. Mobiliarios y equipo de oficina, 20% (veinte por ciento);
- ii. Equipos de comunicación, 20% (veinte por ciento);
- iii. Ascensores, elevadores y unidades centrales de aire acondicionado, 10% (diez por ciento);
- iv. Equipos de Computación (CPU, Monitor y teclado), 50% (cincuenta por ciento);
- v. Equipos para medios de comunicación (Cámaras de Videos), 50% (cincuenta por ciento);
- vi. Los demás, no comprendidos en los literales anteriores, 20% (veinte por ciento).

S